

Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2

Rapport final

Version provisoire

Contrat de recherche n°03 MT 45

Réalisé par :

Florence TOILIER

Louis ALLIGIER

Danièle PATIER

Jean-Louis ROUTHIER



Laboratoire d'Economie des Transports

Unité Mixte de recherche du CNRS n°5593

Université Lumière Lyon 2, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

Mai 2005

1 Préambule

Dans le cadre du programme national "Marchandises en Ville" initié par la direction de la recherche du Ministère des transports (DRAST), le LET a réalisé une recherche méthodologique assortie d'enquêtes lourdes sur trois agglomérations françaises qui a permis d'établir un diagnostic des flux de marchandises générés par les activités économiques implantées en milieu urbain.

Cette première phase a mis en évidence un certains nombre de liens fonctionnels forts entre l'activité des établissements implantés en ville selon leur taille, leur localisation, le type de produits qu'ils traitent et le nombre de livraisons ou enlèvements qu'ils génèrent, le type de véhicules impliqués dans les livraisons, le mode de gestion (compte propre/compte d'autrui) et le mode d'organisation (trace directe ou tournée) des flux générés. Ces liens fonctionnels, à l'identique dans les trois villes enquêtées, ont permis de dégager certains ratios, eux-mêmes constants.

Le modèle FRETURB, construit à partir des ratios issus des enquêtes permet à ce jour de faire un bon diagnostic des flux de véhicules occasionnés par les activités implantées en ville, les déplacements d'achat des ménages, exclus de l'investigation initiale sont actuellement en cours d'intégration.

Cette recherche a mis en évidence que 20 à 25% de l'occupation de la voirie sont liés au déplacement des marchandises dans une agglomération (en tenant compte du nombre des véhicules impliqués, des distances parcourues et de la taille des véhicules).

Le deuxième constat important est que le commerce est le poumon de la ville. Il génère à lui seul, plus du tiers des livraisons ou enlèvements dans une agglomération.

La ville est avant tout un lieu de grande concentration humaine, lieu privilégié de consommation. Les enquêtes ont révélé que la ville génère deux fois plus de livraisons que d'enlèvements. Le comportement d'achats des citadins est un enjeu important pour le développement durable en milieu urbain L'approvisionnement des ménages en voiture particulière contribue pour plus de la moitié à l'encombrement de la voirie par le transport de marchandises en ville en termes de nombre de véhicules comme de distances parcourues.

Cette dimension a été prise en compte dans la deuxième version du modèle FRETURB[1]. Les données de base sont issues des enquêtes « déplacements des ménages »

Un bilan environnemental des déplacements de marchandises en ville a constitué une troisième phase de la recherche[2] grâce à l'ensemble des fonctionnalités du modèle. Les déplacements des marchandises en ville occasionne environ 25 % des émissions de gaz à effet de serre (CO_2), un tiers des émissions de SO_2 et des Nox et 44 % des particules

Le modèle FRETURB permet de simuler les effets de modifications comme celles de délocalisation des établissements ou encore des comportements des différents acteurs de la logistique urbaine sur la génération des flux de véhicules liés au transport des marchandises.[3]

---

[1] LET, Gérardin Conseil, Diagnostic du Transport de Marchandises dans une agglomération, Programme national Marchandises en ville, DRAST, METL, Avril 2000, 90 p.

[2] LET, Aria Technologies, Systems Consult, Mise en place d'une méthodologie pour un bilan environnemental physique du transport de marchandises en ville - Consommation - Emissions - Qualité de l'Air, à paraître, ed. CERTU, ADEME, DRAST, 2005, 107 p.

[3] Routhier, J.L., Ambrosini C., Toilier F., How do urban policies work on the urban goods transport flows?papier 10ème WCTR, Istanbul, 19 p., juillet 2004.

Des recherches plus récentes, plus qualitatives, donnent un éclairage sur les limites des scénarios envisageables, afin de permettre de caler les différentes options de simulation ; telles, les recherches réalisées par le LET, dans la continuité du programme national Marchandises en ville, sur le rôle du compte propre[4]ou celui des plates-formes de périphérie des villes[5].

Le modèle a vocation à devenir de plus en plus un outil d'aide à la décision pour les responsables des villes. Il doit rendre compte de l'évolution des comportements et proposer des scénarios. Le modèle, en devenant dynamique nécessite l'introduction de variables exogènes explicatives des changements qui permettent de caler les données endogènes.

Le présent rapport fait état de l'avancement de la recherche n° 03 MT 45, réalisée pour la DRAST, intitulée : Vers un modèle global de simulation de la logistique urbaine : le logiciel FRETURB Version 2, qui s'est déroulée pendant 20 mois à compter du 13 décembre 2003.

La première version du modèle FRETURB élaboré dans le cadre du programme national Marchandises en ville[6] permet de faire un diagnostic du transport de marchandises en ville par le calcul des flux de livraisons et enlèvements occasionnés par les déplacements des marchandises dans une agglomération, d'évaluer l'occupation de la voirie par les véhicules en stationnement comme en circulation et de produire des données utiles pour la mise en œuvre d'un bilan environnemental. Le logiciel distribué depuis 2001 permet de mettre en œuvre de manière simple et à moindre coût ce diagnostic au sein d'une collectivité.

Afin de faire de ce modèle un outil de simulation pour l'aide à la décision, deux développements de la recherche sont décrits dans ce rapport :

- d'une part une amélioration des fonctionnalités opératoires du logiciel qui se déclinent selon deux nouveaux modules :
    - la possibilité de monter des scénarios de politiques par une transformation des fonctions opératoires du modèle. Cela demande de permettre le relâchement de certaines contraintes ou l'introduction de fonctions nouvelles en lieu et place des relations existantes à l'aide d'un menu le plus simple possible ;
    - la possibilité de calculer la distribution des flux de déplacement des véhicules de livraison comme des déplacements d'achat, ce qui n'est pas opérationnel dans la première version. La mise en œuvre de la distribution ouvre naturellement la voie à une intégration de Freturb dans les procédures d'affectation chères aux planificateurs.
- d'autre part, l'utilisation des résultats des recherches portant sur les déterminants de changement des comportements des acteurs de la logistique urbaine afin de construire des paramètres de sensibilité ou des règles de substitution dans le modèle.

Le présent rapport propose d'aborder sous cet angle deux thèmes de recherches engagées par le LET :

- la mise en évidence des effets des changements de comportement des acteurs de la vente en ligne (e-commerce) sur la logistique et les flux de transport ;
- la prise en compte du rôle des plates-formes dans la formation des flux d'échanges de l'agglomération avec l'extérieur, en faisant la part des flux strictement urbains et des flux de nature interurbaine ou de longue distance.

---

[4] Patier D., Transports de marchandises en ville : quelles spécificités, quelles méthodes ? La place du Transport de marchandises en compte propre, Rapport pour la DRAST, 60 p., juin 2004.

[5] Routhier J.L., Cholez C., Patier D., Ambrosini C., Analyse des entrepôts périphériques, rapport pour la DRAST, juin 2004.

[6] LET, Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville - lez modèle de simulation FRETURB (version 1), Programme national "Marchandises en ville", 104 p., oct. 2001.

SOMMAIRE

2 La version 2 du logiciel Freturb.

La première version du modèle de simulation de la logistique urbaine, FRETURB V1, commercialisé depuis 2002 a apporté de nombreux enrichissements à la maquette diffusée lors de la parution du guide « Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération » et intitulée LOGISTMV. Citons notamment :

- L'enrichissement des sorties graphiques issues du module de génération des flux,
- La possibilité simplifiée d'exporter les résultats vers Excel,
- L'ajout de 4 nouveaux modules :
  - Génération des déplacements d'achats,
  - Durées de stationnement des véhicules de livraison,
  - Distances parcourues par les véhicules de livraison en circulation,
  - Occupation instantanée de la voirie.

Cette version de FRETURB a été distribuée auprès de collectivités locales (Lille, Reims…), de CETE, de laboratoires de recherche et de bureaux d'études (Interface Transport, ISIS). Les échanges réguliers que nous avons pu avoir avec ces utilisateurs nous ont encouragé à étendre les capacités et à améliorer l'ergonomie du logiciel. Ainsi, plusieurs sorties graphiques supplémentaires ont été offertes, de même que l'ajout d'un véritable module de simulation.

La mise à jour de FRETURB a également été rendue nécessaire du fait de la modification par l'INSEE de sa nomenclature d'activités (NAF). Ce changement dans les codes APE intervenu en 2003 empêchait le logiciel de fonctionner correctement à partir de fichiers récents. Nous avons donc intégré les nouveaux codes et mis à niveau FRETURB.

Outre ces modifications sollicitées par les utilisateurs ou rendues nécessaires par l'évolution des sources statistiques, nous avons également souhaité rendre le logiciel plus sensible aux spécificités de chaque agglomération afin de lui permettre de produire des résultats encore plus proches de la réalité.

Les transformations opérées dans l'ergonomie et les traitements réalisés par le logiciel nous ont enfin permis de débusquer certaines erreurs, jusqu'alors passées inaperçues, et ont été l'occasion de les corriger.

Ce sont ces modifications que nous présenterons ici dans cinq parties consacrées :

- aux modifications apportées à l'ergonomie du logiciel : la création d'une base résultats,
- à l'ajout de nouvelles sorties graphiques,
- à la mise à niveau du logiciel pour la prise en compte des fichiers SIRENE postérieurs à 2003,
- à l'amélioration de la prise en compte des spécificités locales,
- à la mise en œuvre d'un module de simulation.

2.1 Modification du logiciel de manière à pouvoir conserver les résultats

L'inconvénient majeur présenté par la précédente version du logiciel était l'absence de stockage des résultats dans une base facilement consultable. De ce fait, à chaque fois que l'on désirait se plonger dans les sorties produites par le modèle, il était nécessaire de faire tourner le logiciel. Si l'exécution de ce programme est relativement rapide et si les fichiers de résultats peuvent être facilement exportés vers des fichiers Excel, cette absence d'accès direct aux données était inconfortable.

Une autre limite du logiciel était sa tendance à voir le fichier d'exécution « grossir » au fil des utilisations successives, ce qui pouvait occasionner des risques d'erreur du système. La possibilité était toutefois offerte à l'utilisateur de compresser ses fichiers, par un menu spécifique, mais le risque était que celui-ci n'y pense pas et perde ses résultats.

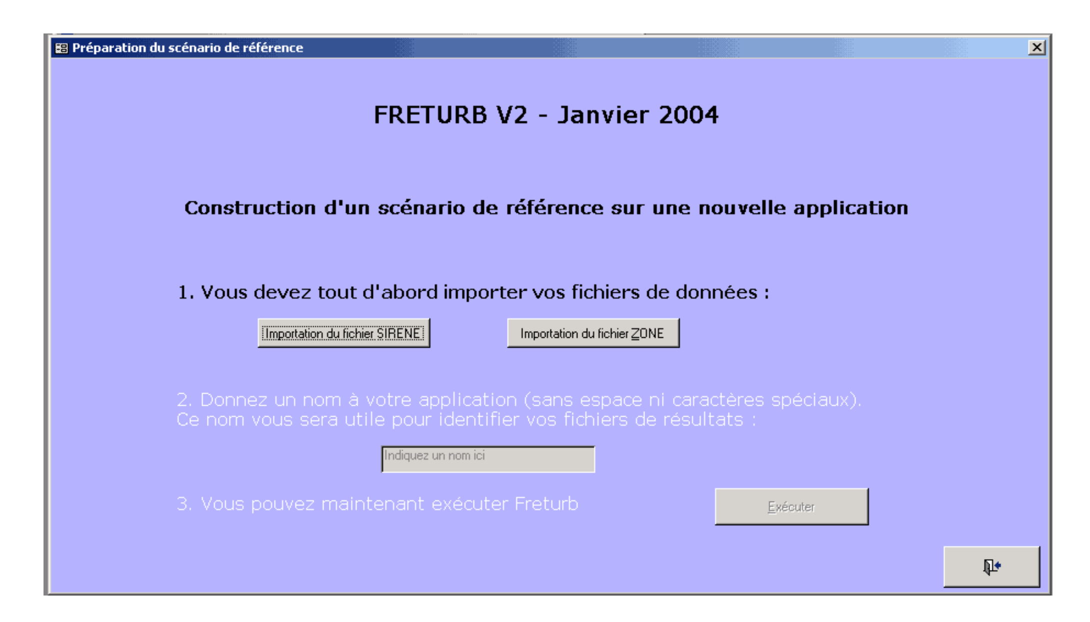
Dans la nouvelle version du programme, nous avons donc amélioré le logiciel de manière à ce que les résultats soient stockés dans des bases de données installées sur le disque dur de l'utilisateur. Ainsi lors de l'ouverture du logiciel, ce dernier a le choix entre :

- La création d'un scénario de référence, qui nécessite l'import de données SIRENE (fichier présentant les caractéristiques de chacun des établissements d'une agglomération) et ZONE (fichier décrivant les zones de l'agglomération retenues), et qui reprend l'ancienne version de FRETURB ;
- L'ouverture des fichiers de résultats correspondant à une application précédemment sauvegardée ;
- La réalisation de simulations à partir de résultats sauvegardés (nous reviendrons sur ce point à la fin de ce document).



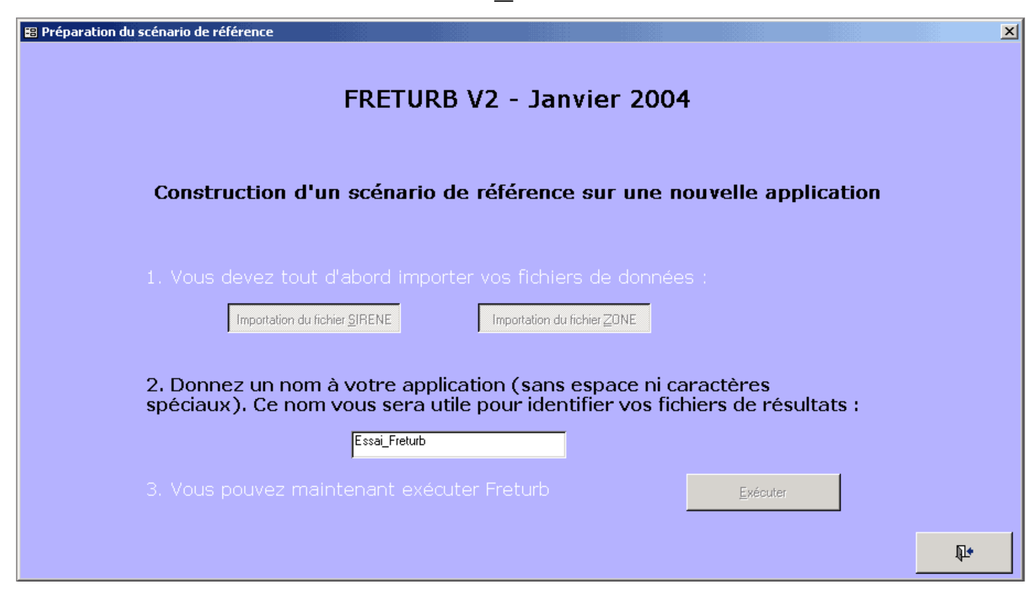
2.1.1 L'élaboration du scénario de référence

L'option Construire un scénario de référence sur une nouvelle application réalise deux actions successives. Tout d'abord elle compresse le fichier de l'application afin de lui permettre de s'exécuter plus rapidement. D'autre part, elle donne accès à la fenêtre suivante :



L'utilisateur ne peut importer que des fichiers de données bruts (SIRENE ou ZONE). A la différence de la précédente version de FRETURB, il ne peut plus importer un fichier de résultat intermédiaire (table `tblST116`[7]) sauvegardé lors d'une utilisation précédente du logiciel. En effet, la création d'une base de données Résultats permet d'éviter cette procédure qui obligeait l'utilisateur a refaire tourner FRETURB à partir de la table `tblST116` sur les modules 2, 3, 4 et éventuellement Achats.

Une fois l'importation réalisée, l'utilisateur est invité à donner un nom à son application. C'est ce nom qui lui permettra par la suite de retrouver facilement le fichier de résultats puisque ce dernier s'intitulera « `Résultat_nom de l'application.mdb` ».



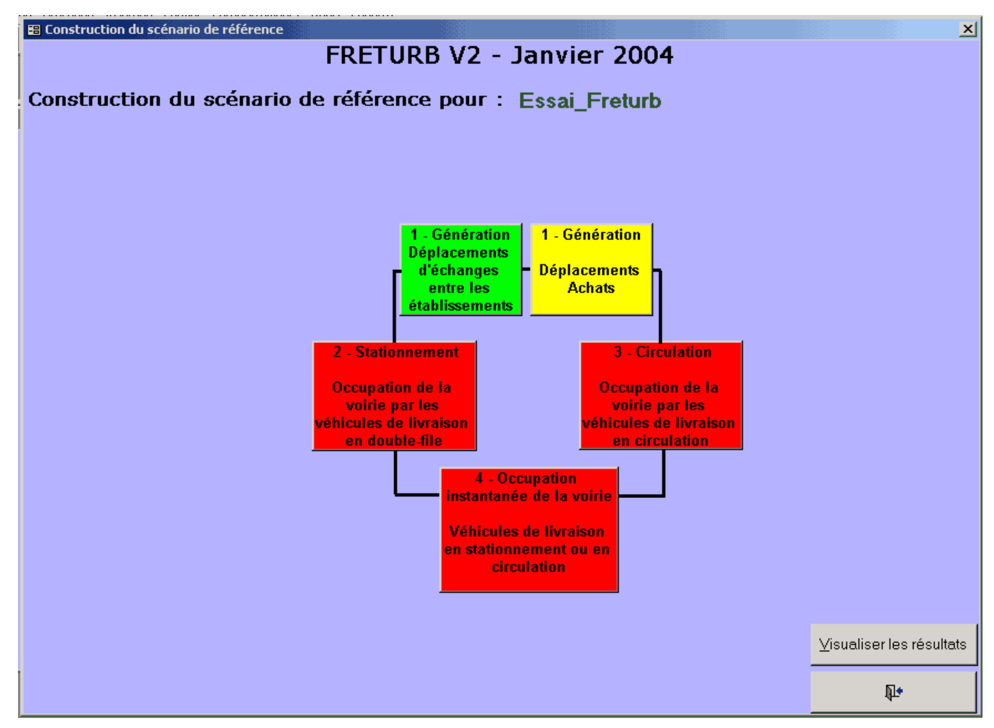
Enfin, si le nom d'application indiqué par l'utilisateur n'existe pas déjà dans les bases de résultat présentes, l'exécution de FRETURB peut avoir lieu, dans le cas contraire un message invite l'utilisateur a choisir un autre nom. Une structure de base de données résultats est alors créée prenant pour nom l'application saisie par l'utilisateur. Cette structure sera enrichie de données lors de l'exécution des différents modules de FRETURB.

L'exécution diffère peu de ce qui était proposé dans la version précédente, si ce n'est que les résultats ne s'affichent plus dans la fenêtre d'exécution. Pour les consulter il faut

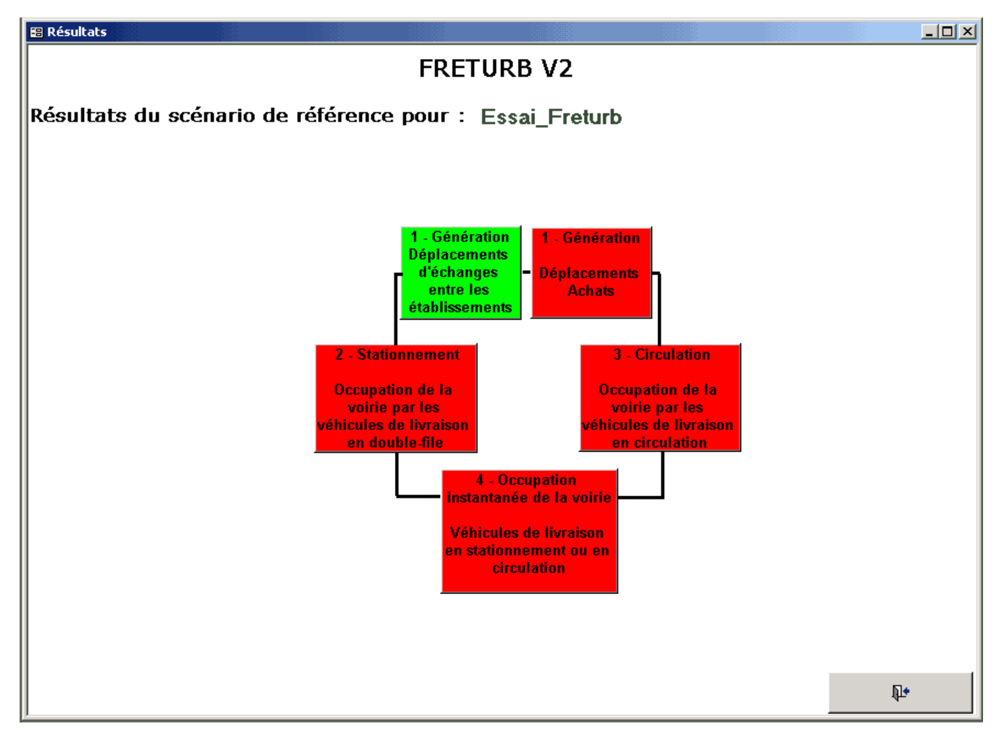
---

7 ST116 est la table qui regroupe les établissements d'une agglomération selon leur appartenance à la nomenclature d'activités ST116 et à une zone particulière

cliquer sur le bouton Visualiser les résultats. La base de résultats s'ouvre, et affiche les résultats correspondant aux traitements déjà réalisés.

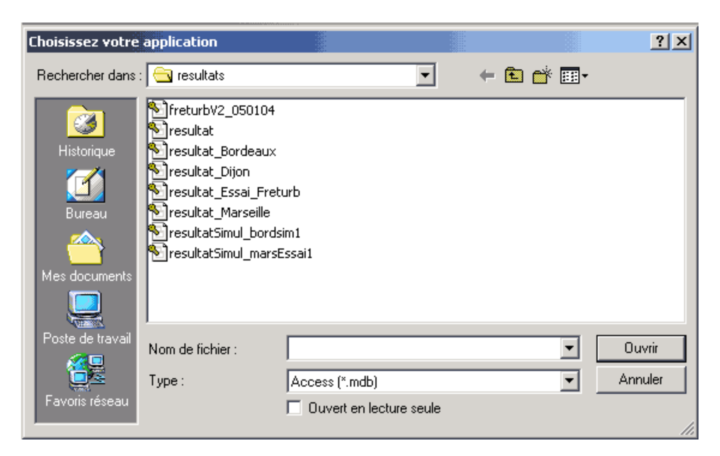


Dans cet exemple, seul le module 1 a été exécuté, donc seuls les résultats de ce module peuvent être consultés :

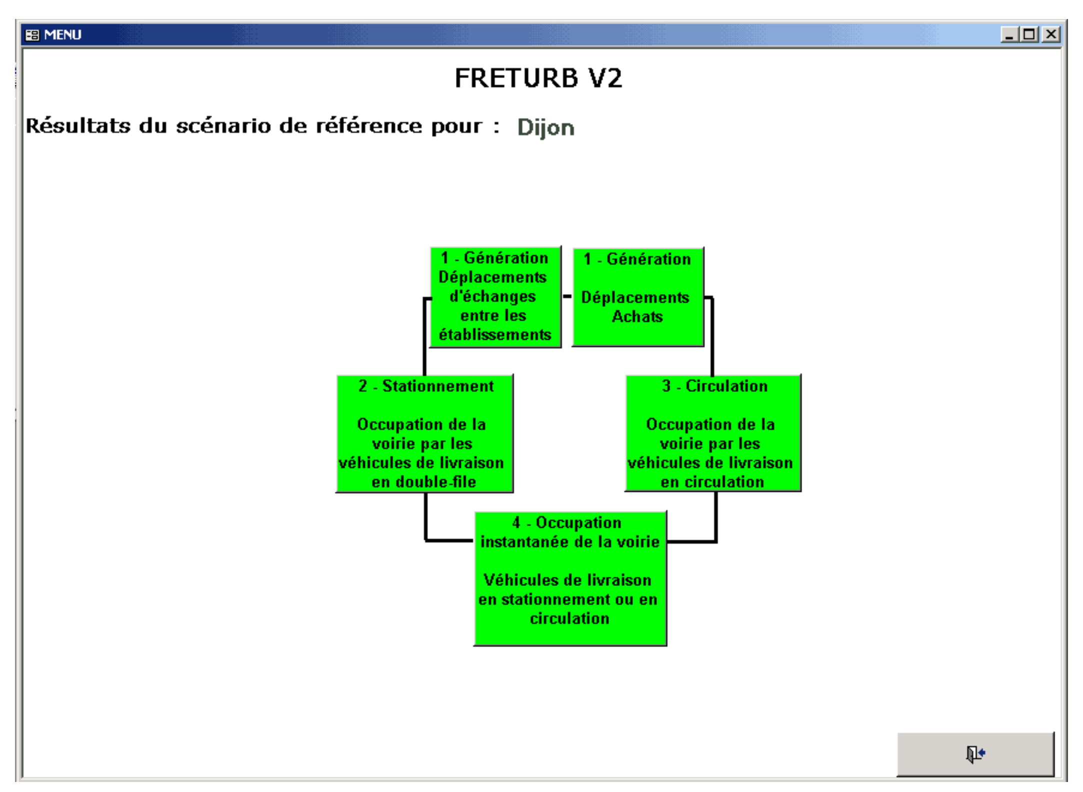


2.1.2 La consultation de résultats sauvegardés

Si l'on choisit l'option Visualiser les résultats d'une application sauvegardée, FRETURB ouvre alors une boite de dialogue qui permet d'aller chercher le fichier de résultats. Par défaut ils sont stockés sous `D:\FRETURBV2\Resultats`. C'est donc vers ce répertoire qu'il pointe spontanément :



Si l'on choisit l'application Dijon, et que celle-ci a été exécutée en intégralité, on peut consulter les résultats de chacun des modules :



2.2 Ajout de nouvelles sorties graphiques

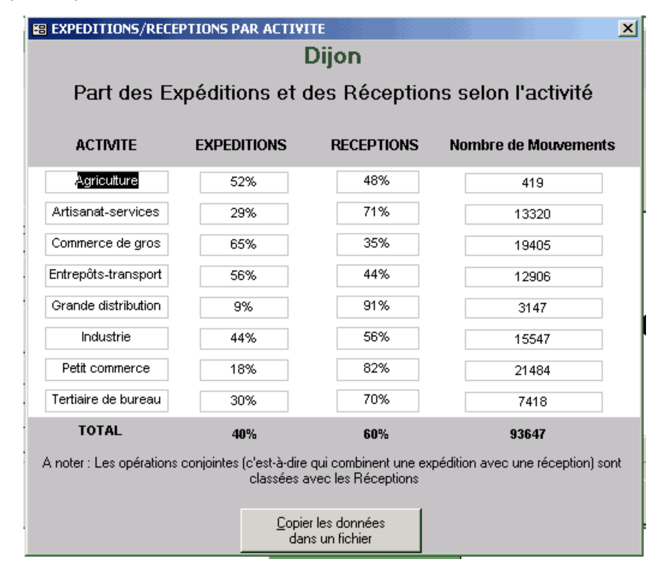
La version précédente de FRETURB offrait à l'utilisateur toute une panoplie de sorties graphiques indiquant les opérations réalisées, les durées occupées à stationner, les kilomètres parcourus et l'occupation instantanée de la voirie par les véhicules de livraison en circulation ou en stationnement. Elle ne fournissait cependant pas d'indicateur synthétique permettant de résumer la situation du transport de marchandises dans une agglomération afin de la comparer aisément avec une autre.

La version actuelle propose ce type d'indicateurs. Elle offre également de nouveaux graphiques, qui sont apparus nécessaires suite aux échanges que nous avons pu avoir avec les utilisateurs du logiciel.

Répertorions-les module par module.

2.2.1 Module 1 : nouveaux résultats

Tout d'abord, signalons que tous les tableaux du module 1 qui indiquent une répartition des opérations (selon le véhicule, le mode de gestion, … etc.) ont été enrichis d'une colonne rappelant le nombre d'opérations, afin que les ratios indiqués puissent être commentés de façon plus précise :



EXPEDITIONS/RECEPTIONS PAR ACTIVITE

Dijon

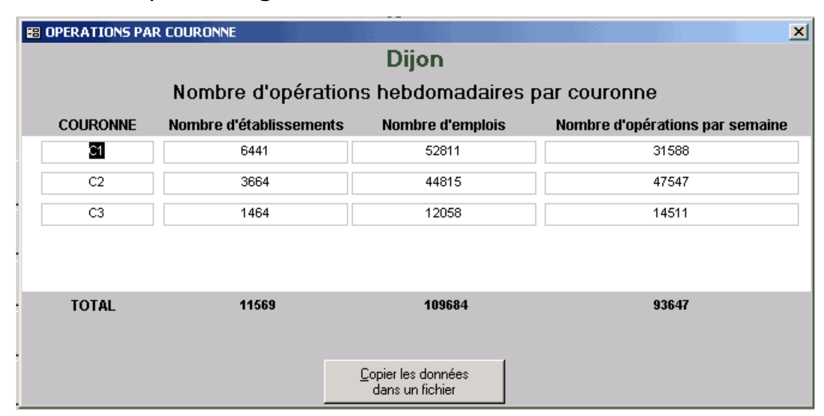
Part des Expéditions et des Réceptions selon l'activité

ACTIVITE	EXPEDITIONS	RECEPTIONS	Nombre de Mouvements
Agriculture	52%	48%	419
Artisanat-services	29%	71%	13320
Commerce de gros	65%	35%	19405
Entrepôts-transport	56%	44%	12906
Grande distribution	9%	91%	3147
Industrie	44%	56%	15547
Petit commerce	18%	82%	21484
Tertiaire de bureau	30%	70%	7418
TOTAL	**40%**	**60%**	**93647**

A noter : Les opérations conjointes (c'est-à-dire qui combinent une expédition avec une réception) sont classées avec les Réceptions

Copier les données dans un fichier

De même, tous les tableaux du module 1 qui présentent conjointement le nombre d'opérations et le nombre d'établissements ont été complétés par une colonne précisant le nombre d'emplois estimé par le logiciel :



OPERATIONS PAR COURONNE

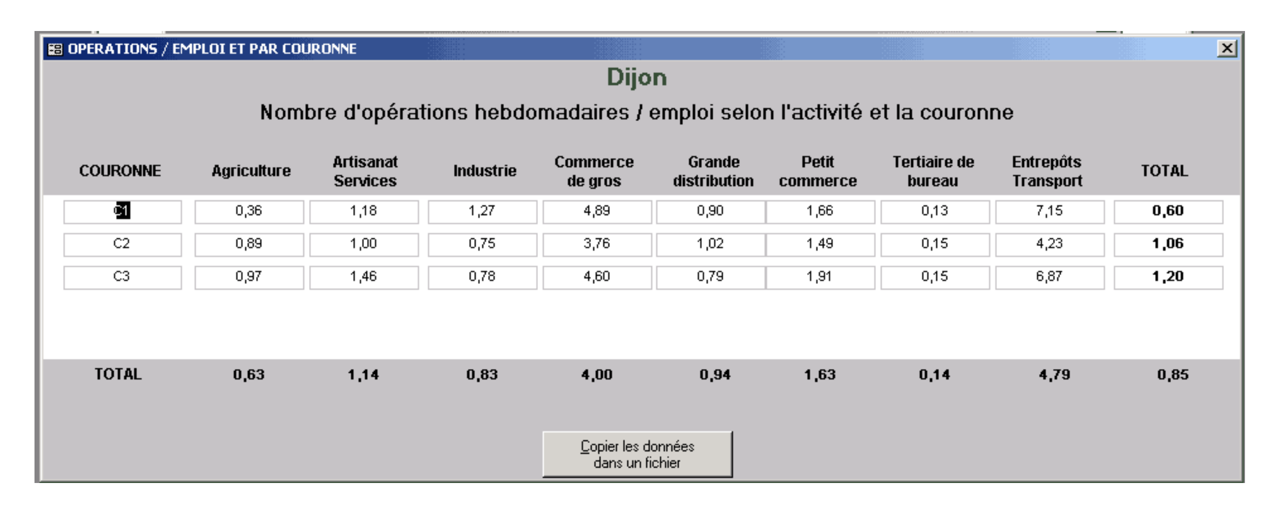
Dijon

Nombre d'opérations hebdomadaires par couronne

COURONNE	Nombre d'établissements	Nombre d'emplois	Nombre d'opérations par semaine
C1	6441	52811	31588
C2	3664	44815	47547
C3	1464	12058	14511
TOTAL	**11569**	**109684**	**93647**

Copier les données dans un fichier

Enfin un bouton Indicateurs a été crée. Il donne pour l'instant accès à un tableau précisant le nombre d'opérations hebdomadaires par emploi selon la couronne et l'activité :


OPERATIONS / EMPLOI ET PAR COURONNE

Dijon

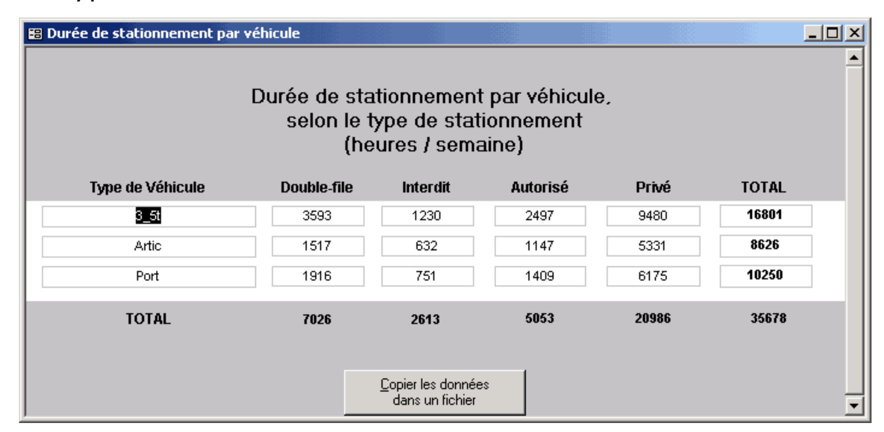
Nombre d'opérations hebdomadaires / emploi selon l'activité et la couronne

COURONNE	Agriculture	Artisanat Services	Industrie	Commerce de gros	Grande distribution	Petit commerce	Tertiaire de bureau	Entrepôts Transport	TOTAL
C1	0,36	1,18	1,27	4,89	0,90	1,66	0,13	7,15	**0,60**
C2	0,89	1,00	0,75	3,76	1,02	1,49	0,15	4,23	**1,06**
C3	0,97	1,46	0,78	4,60	0,79	1,91	0,15	6,87	**1,20**
TOTAL	**0,63**	**1,14**	**0,83**	**4,00**	**0,94**	**1,63**	**0,14**	**4,79**	**0,85**

Copier les données dans un fichier

2.2.2 Module 2 : nouveaux résultats

Ce module propose de nouvelles sorties graphiques concernant les différents types de véhicules. En particulier, le tableau présentant la durée de stationnement par type de véhicule selon le type de stationnement a été créé :

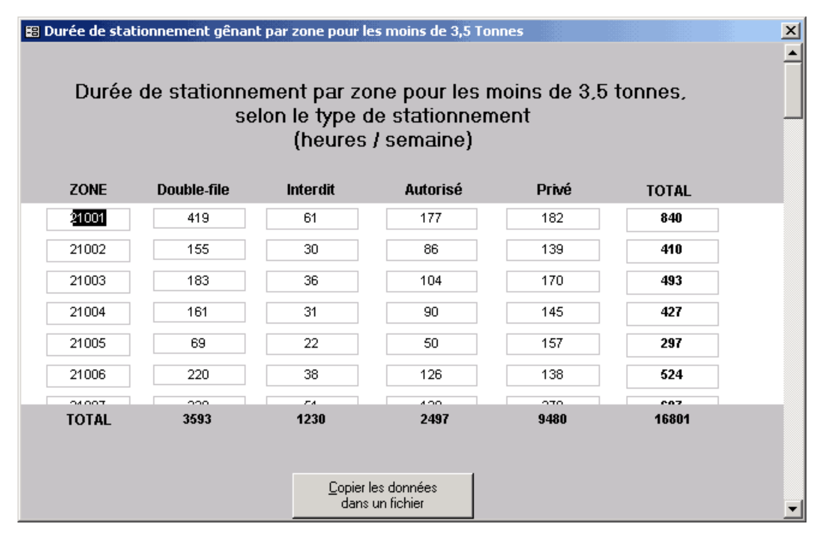

Durée de stationnement par véhicule

Durée de stationnement par véhicule, selon le type de stationnement (heures / semaine)

Type de Véhicule	Double-file	Interdit	Autorisé	Privé	TOTAL
3_5t	3593	1230	2497	9480	**16801**
Artic	1517	632	1147	5331	**8626**
Port	1916	751	1409	6175	**10250**
TOTAL	**7026**	**2613**	**5053**	**20986**	**35678**

Copier les données dans un fichier

Des tableaux indiquant la répartition des heures de stationnement par type, calculés pour chaque catégorie de véhicule, ont également été produits sur les 3 zonages : couronne, commune, zone :

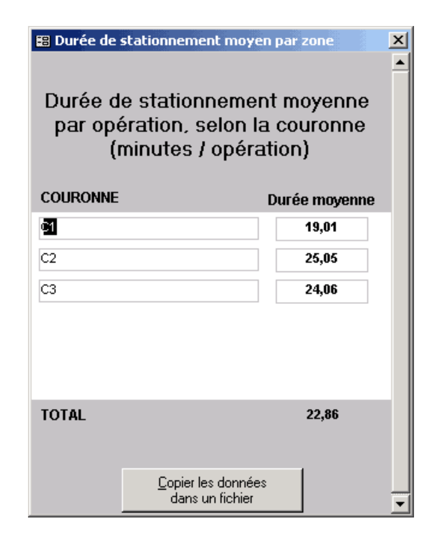

Durée de stationnement gênant par zone pour les moins de 3,5 Tonnes

Durée de stationnement par zone pour les moins de 3,5 tonnes, selon le type de stationnement (heures / semaine)

ZONE	Double-file	Interdit	Autorisé	Privé	TOTAL
21001	419	61	177	182	**840**
21002	155	30	86	139	**410**
21003	183	36	104	170	**493**
21004	161	31	90	145	**427**
21005	69	22	50	157	**297**
21006	220	38	126	138	**524**
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	**3593**	**1230**	**2497**	**9480**	**16801**

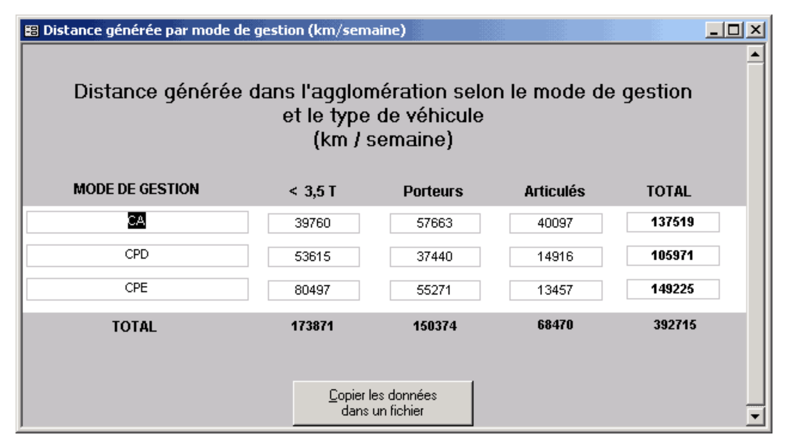
Copier les données dans un fichier

Enfin, ce module propose lui aussi des indicateurs. Il s'agit des durées moyennes de stationnement selon la zone, la commune, la couronne ou le type de véhicule :

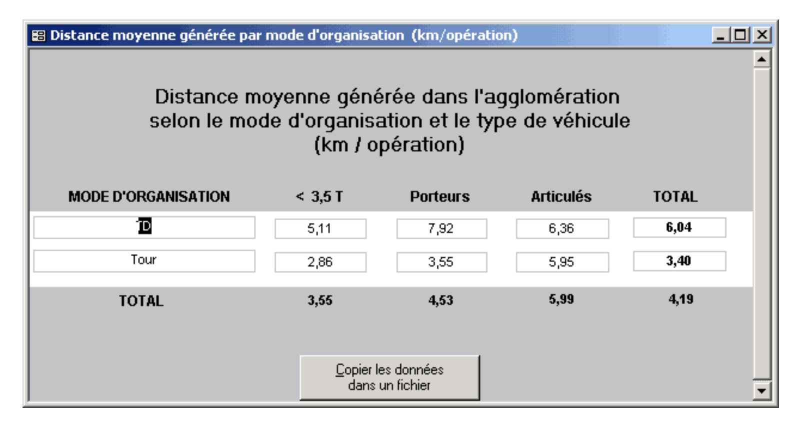


2.2.3 Module 3 : nouveaux résultats

Deux tableaux présentant les distances générées selon le mode de gestion et selon le mode d'organisation ont été ajoutés :



Dans ce module encore, des indicateurs ont été produits. Ils fournissent la distance moyenne générée dans l'agglomération selon le type de véhicule et présentée selon les trois zonages proposés (couronne, commune, zone), le mode de gestion ou le mode d'organisation :



2.3 Mise à niveau de FRETURB pour les fichiers SIRENE postérieurs à 2003

L'INSEE nous a fourni une table des correspondances entres les nomenclatures 1993 et 2003. Après l'avoir enrichie de notre typologie en 45 groupes d'activités, cette table se

présente ainsi pour les seuls codes APE ayant subit une modification entre ces deux dates :

Codes et libellés NAF anciens		ST45	Codes et libellés NAF nouveaux		ST45
27.1Z	Sidérurgie CECA	2-3	27.1Y	Sidérurgie	2-2
27.3J	Production de ferro-alliages et autres produits non CECA	2-2			
28.2A	Fabrication de réservoirs et citernes métalliques	2-3	28.2C	Fabrication de réservoirs, citernes et conteneurs métalliques	2-3
28.2B	Fabrication de bouteilles pour gaz comprimé	2-3			
28.7M	Fabrication de coffres-forts	4-7	28.7Q	Fabrication d'articles métalliques divers	4-7
28.7P	Fabrication d'articles métalliques	4-7			
29.1C	Fabrication de pompes et compresseurs	4-7	29.1B	Fabrication de pompes	4-7
			29.1E	Fabrication de compresseurs	4-7
29.2K	Fabrication de machines diverses d'usage général	4-7	29.2L	Fabrication de matériel pour les industries chimiques	4-7
			29.2M	Fabrication d'autres machines d'usage général	4-7
29.5C	Fabrication de machines pour l'extraction ou la construction	4-7	29.5B	Fabrication de matériels de mines pour l'extraction	4-7
			29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics	4-7
29.5P	Fabrication d'autres machines spécialisées	4-7	29.5Q	Fabrication de machines d'assemblage automatique	4-7
			29.5R	Fabrication de machines spécialisées diverses	4-7
32.1B	Fabrication de composants électroniques actifs	4-7	32.1C	Fabrication de composants électroniques actifs	4-7
			32.1D	Assemblage de cartes électroniques pour compte de tiers	4-7
40.1Z	Production et distribution d'électricité	27-2	40.1A	Production d'électricité	27-2
			40.1C	Transport d'électricité	27-2
			40.1E	Distribution et commerce d'électricité	27-2
40.2Z	Production et distribution de combustibles gazeux	27-2	40.2A	Production de combustible gazeux	27-2
			40.2C	Distribution de combustibles gazeux	27-2
20.3Z	Fabrication de charpentes et de menuiseries	4-7		(changement de méthode d'affectation des unités : modification de fait de la frontière industrie / construction)	4-7
25.2E	Fabrication d'éléments en matière plastique pour la construction	4-7			4-7
28.1C	Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques	2-3			2-3
45.2L	Travaux de charpente	2-3			2-3
45.4C	Menuiserie bois et matières plastiques	2-3			2-3
45.4D	Menuiserie métallique ; serrurerie	2-3			2-3
51.6A	Commerce de gros de machines-outils	7-3	51.8A	Commerce de gros de machines-outils	7-3
51.6C	Commerce de gros de machines pour l'extraction, la construction et le génie civil	7-2	51.8C	Commerce de gros de machines pour l'extraction, la construction et le génie civil	7-2
51.6E	Commerce de gros de machines pour l'industrie textile et l'habillement	7-3	51.8E	Commerce de gros de machines pour l'industrie textile et l'habillement	7-3
51.6G	Commerce de gros de machines de bureau et de matériel informatique	7-3	51.8G	Commerce de gros d'ordinateurs, d'équipements informatiques périphériques et de progiciels	7-3
			51.8H	Commerce de gros d'autres machines et équipements de bureau	7-3
51.6J	Commerce de gros de matériel électrique et électronique	7-3	51.8J	Commerce de gros de composants et d'autres équipements électroniques	7-3
			51.8L	Commerce de gros de matériel électrique	7-3

Codes et libellés NAF anciens		ST45	Codes et libellés NAF nouveaux		ST45
51.6L	Commerce de gros de fournitures et équipements divers pour le commerce et les services	7-3	51.8N	Commerce de gros de fournitures et équipements divers pour le commerce et les services	7-3
51.6N	Commerce de gros de matériel agricole	7-3	51.8P	Commerce de gros de matériel agricole	7-3
51.7Z	Commerce de gros non spécialisé	7-3	51.9A	Autres commerces de gros spécialisés,	7-3
			51.9B	Commerce de gros non spécialisé.	7-3
55.1A	Hôtels avec restaurant	18	55.1A	Hôtels touristiques avec restaurant	18
55.1C	Hôtels sans restaurant	18	55.1B	Hôtels touristiques sans restaurant	18
55.1D	Hôtels de préfecture	18	55.1E	Autres hôtels	18
64.2A	Télécommunications nationales	25	64.2C	Télécommunications (hors transmission audiovisuelle)	25
64.2B	Autres activités de télécommunications	25	64.2D	Transmission d'émissions de radio et de télévision	25
71.1Z	Location de véhicules automobiles	26Fa	71.1A	Location de courte durée de véhicules automobiles	26Fa
			71.1B	Location de longue durée de véhicules automobiles	26Fa
72.2Z	Réalisation de logiciels	26Mi	72.2A	Edition de logiciels (non personnalisés)	26Mi
			72.2C	Autres activités de réalisation de logiciels	26Mi
74.8F	Secrétariat et traduction	26Mi	74.8F	(Secrétariat et la traduction) est inchangé	26Mi
74.8G	Routage	26Mi	74.8G	(Routage) est inchangé	26Mi
			74.8H	(Centres d'appel) est ajouté	26Mi
90.0A	Epuration des eaux usées	25	90.0A	Epuration des eaux usées	25
90.0B	Enlèvement et traitement des ordures ménagères	25	90.0B	Enlèvement et traitement des ordures ménagères	25
90.0C	Elimination et traitement des autres déchets	26 Ha	90.0E	Traitements des autres déchets solides	26 Ha
			90.0G	Autres travaux d'assainissement et de voirie	26 Ha
92.1D	Prestations techniques pour le cinéma et la télévision	25	92.1D	Prestations techniques pour le cinéma et la télévision	25
92.3D	Gestion de salles de spectacle	26Mi	92.3D	Gestion de salles de spectacle (changement de frontière)	26Mi
92.2C	Diffusion de programmes de télévision	25	92.2D	Chaînes généralistes	25
			92.2E	Chaînes thématiques	25
			92.2F	Distribution de bouquets de programmes de radio et de TV	25
92.3A	Activités artistiques	26Mi	92.3A	Activités artistiques	26Mi
92.3B	Services annexes au spectacle	26Mi	92.3B	Services annexes au spectacle (changement de frontière)	26Mi
92.3H	Bals et discothèques	26Ha	55.4C	Discothèques	26Ha
			92.3K	Activités diverses du spectacle	26Ha
			96.0Z	Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens pour usage propre	26Fa
			97.0Z	Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de services pour usage propre	26Fa

Tableau 1 : correspondance entre les nomenclatures 1993 et 2003 (sources INSEE)

Les lignes indiquées en grisé sont celles pour lesquelles il y a eu une petite ambiguïté au niveau de l'affectation des nouveaux codes ST45. Les choix faits se justifient ainsi :

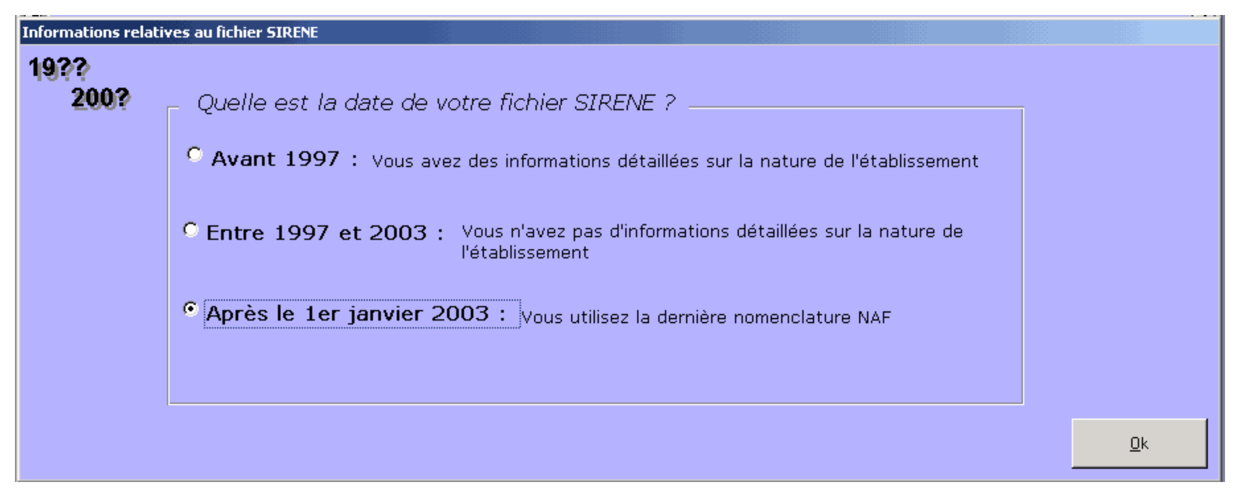
- pour la sidérurgie, on a retenu le code ST45 des activités de Production de ferro-alliages et autres produits non CECA, car cette classe était plus générale que celle de la Sidérurgie CECA. Comme ces deux codes ont été rassemblés, il était préférable de prendre la valeur la moins spécialisée.
- Pour les activités de Fabrication de charpentes et de menuiseries, Fabrication d'éléments en matière plastique pour la construction, Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques, Travaux de charpente, Menuiserie bois et matières plastiques, Menuiserie métallique, serrurerie,

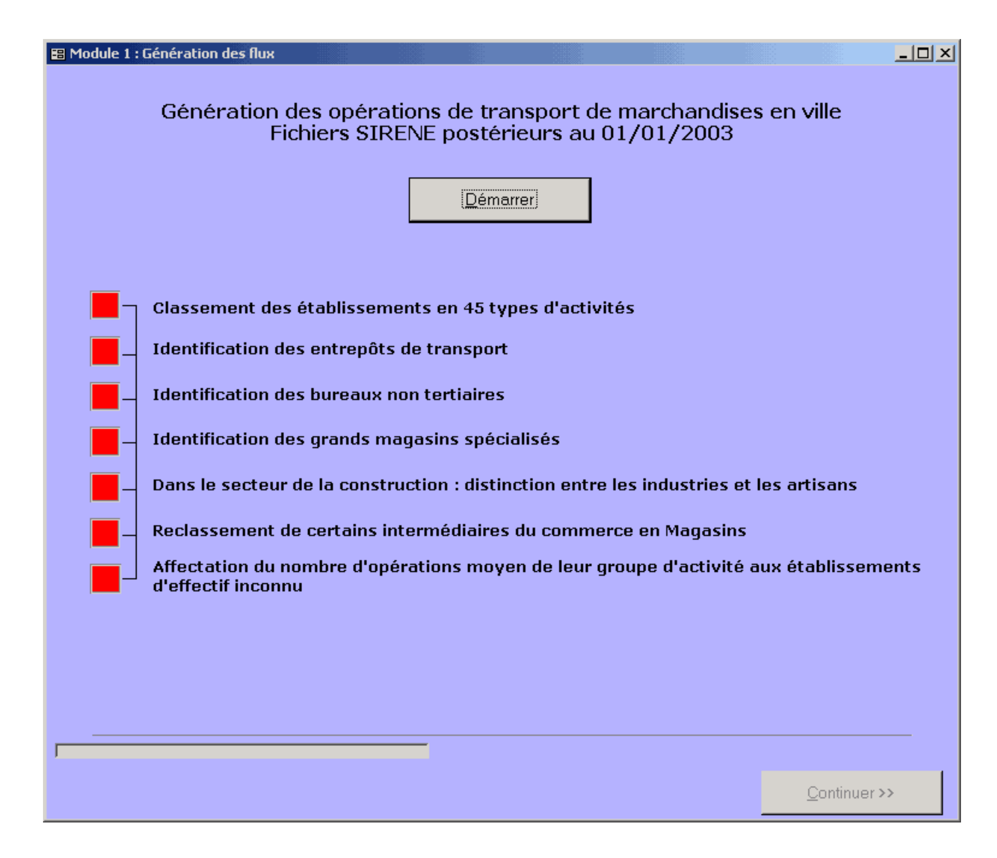
comme l'INSEE ne nous a pas fourni beaucoup de précisions quant à sa méthode de réaffectation des activités dans les codes, nous avons conservé le découpage antérieur dans la mesure où celui-ci faisait déjà la distinction entre artisanat et industrie de la construction.

- Pour le nouveau code Autres travaux d'assainissement et de voirie, on a affecté la ST45 de l'ancien code Elimination et traitement des autres déchets car c'est l'activité qui était la plus proche.
- Pour les activités : Prestations techniques pour le cinéma et la télévision et de Gestion de salles de spectacle, qui ont connu un changement de frontière, en l'absence de précisions de la part de l'INSEE nous avons conservé les mêmes codes ST45 que précédemment.
- Pour les nouveaux codes correspondant aux Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens pour usage propre et aux Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de services pour usage propre, devant le caractère obscur de ces codes et en l'absence d'exemples d'établissements ayant été codés de la sorte, nous avons choisi d'affecter une classe de ST45 qui génère peu de mouvements, en l'occurrence 26Fa.

A partir de ce tableau nous avons pu créer dans FRETURB une table `NAF700_2003-1`, qui affecte à chaque code APE une classe de ST45. Puis sur le modèle des traitements qui sont opérés lorsque les fichiers SIRENE sont postérieurs à 1997, nous avons créé des tables `NAF700_2003-2` à `7` afin d'opérer les corrections nécessaires pour identifier les entrepôts de transport, les bureaux non tertiaires, les grands magasins spécialisés, pour distinguer les artisans et l'industrie de la construction, pour reclasser certains intermédiaires du commerce en Magasins.

Tout le module 1 de FRETURB a donc été repris afin d'intégrer l'éventualité de fichiers postérieurs à 2003 :





2.4 Amélioration de la prise en compte des spécificités locales

En produisant des résultats supplémentaires, nous nous sommes aperçus que FRETURB, dans sa version ancienne, ne prenait pas suffisamment en compte les spécificités des différentes villes. En effet, nous avons travaillé en faisant tourner FRETURB sur Bordeaux, Marseille et Dijon et les indicateurs produits par le logiciel n'étaient pas très différents d'une ville à l'autre alors même que les enquêtes avaient montré des écarts notables, en particulier concernant les durées de stationnement. Cette insensibilité du logiciel aux spécificités locales était passée inaperçue dans la version précédente car on ne fournissait pas d'indicateurs tels que les durées moyennes.

2.4.1 La méthode RAS

Ayant constaté ce problème nous l'avons corrigé en déclenchant la construction de tables à partir des données entrées par l'utilisateur par l'utilisation de la méthode RAS, c'est à dire un calage sur les marges par redressements successifs.

2.4.2 La table X_FagvTDTour

La méthode RAS a été appliquée à la construction de la table `X_FagvTDTour`. Cette table est centrale dans le logiciel puisque c'est celle qui permet, à partir d'un nombre d'opérations donné, d'exécuter des croisements de variables nécessaires à la réalisation des modules 2 et suivants. En effet, si le module 1 indique pour chaque type d'activité (en 116 catégories) le nombre de mouvements, la part des différents types de véhicules, des modes de gestion, d'organisation et la répartition entre les opérations de livraison et d'enlèvement de marchandises, il ne permet pas de connaître par exemple le nombre d'opérations réalisées en trace directe par de petits véhicules.

Pour réaliser ces croisements de variables, qui sont utiles pour déterminer les durées de stationnement et les kilomètres parcourus, on passait dans la version précédente par une table : `X_FagvTDTour`, créée à partir des traitements opérés sur les fichiers d'enquêtes des trois villes (Bordeaux, Marseille et Dijon). Cette table se présentait ainsi :

Numéro	Td-Tour	ST8	CA3_5T	CAArtic	CACPort	CPD3_5T	CPDArtic	CPDCPort	CPE3_5T	CPEArtic	CPECPort
1	TD	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,1475	0,0000	0,0000	0,8025	0,0500	0,0000
2	TD	2	0,1182	0,0000	0,0641	0,1914	0,0000	0,0774	0,4466	0,0000	0,1023
3	TD	3	0,0297	0,0990	0,0641	0,0510	0,0158	0,1721	0,4722	0,0681	0,0280
4	TD	4	0,0159	0,0202	0,0865	0,5358	0,0159	0,0729	0,2115	0,0000	0,0413
5	TD	5	0,0000	0,0959	0,0807	0,1188	0,1923	0,0000	0,2845	0,0000	0,2279
6	TD	6	0,1010	0,0205	0,0067	0,3914	0,0000	0,0446	0,4052	0,0000	0,0305
7	TD	7	0,1515	0,0151	0,0897	0,0950	0,0131	0,0752	0,5229	0,0000	0,0375
8	TD	8	0,1020	0,1738	0,1760	0,0891	0,0151	0,0415	0,1904	0,0263	0,1859
9	Tour	1	0,0345	0,0000	0,1644	0,0058	0,0000	0,0000	0,0333	0,0000	0,7620
10	Tour	2	0,2256	0,0005	0,1772	0,0361	0,0000	0,0026	0,4520	0,0144	0,0915
11	Tour	3	0,2767	0,0060	0,3295	0,0209	0,0000	0,0377	0,1515	0,0130	0,1646
12	Tour	4	0,2930	0,0510	0,3146	0,0354	0,0000	0,0038	0,1765	0,0104	0,1152
13	Tour	5	0,2334	0,0336	0,4466	0,0031	0,0000	0,0000	0,0954	0,0033	0,1845
14	Tour	6	0,2324	0,0021	0,2038	0,0075	0,0000	0,0001	0,3057	0,0002	0,2481
15	Tour	7	0,4021	0,0010	0,2543	0,0029	0,0000	0,0004	0,2207	0,0010	0,1177
16	Tour	8	0,2596	0,0548	0,3157	0,0000	0,0000	0,0019	0,1232	0,0131	0,2316

Les totaux en ligne sont égaux à 1.

Tableau 2 : répartition des modes de gestion et des véhicule par type d'activité et organisation

Cette table indique, pour chaque activité (colonne ST8) répartie en 8 groupes (1- Agriculture, 2- Artisanat – services, 3- Industrie, 4- Commerce de gros, 5- Grands magasins, 6- Petit commerce, 7- Tertiaire, 8- Entrepôts) et selon que les opérations ont été réalisées en Trace directe (lignes 1 à 8) ou bien en tournée (lignes 9 à 16) quelle est la part du :

- CA3_5T : Compte d’autrui réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes
- CAArtic : Compte d’autrui réalisé en véhicules articulés
- CACPort : Compte d’autrui réalisé en camions porteurs
- CPD3_5T : Compte propre destinataire réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes
- CPDArtic : Compte propre destinataire réalisé en véhicules articulés
- CPDCPort : Compte propre destinataire réalisé en camions porteurs
- CPE3_5T : Compte propre expéditeur réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes
- CPEArtic : Compte propre expéditeur réalisé en véhicules articulés
- CPECPort : Compte propre expéditeur réalisé en camions porteurs

Si on réalise une somme sur les modes de gestion on obtient le résultat suivant :

Numéro	Td-Tour	ST8	CA	CPD	CPE
1	TD	1	0,0000	0,1475	0,85252
2	TD	2	0,1823	0,2688	0,54889
3	TD	3	0,1929	0,2389	0,56823
4	TD	4	0,1226	0,6246	0,2528
5	TD	5	0,1766	0,3110	0,51238
6	TD	6	0,1283	0,4360	0,43573
7	TD	7	0,2563	0,1833	0,56045
8	TD	8	0,4518	0,1457	0,40253
9	Tour	1	0,1989	0,0058	0,7953
10	Tour	2	0,4033	0,0387	0,55797
11	Tour	3	0,6123	0,0586	0,32912
12	Tour	4	0,6586	0,0392	0,3022
13	Tour	5	0,7137	0,0031	0,2832
14	Tour	6	**0,4383**	0,0077	0,55402
15	Tour	7	0,6574	0,0033	0,3393
16	Tour	8	0,6302	0,0019	0,36791

Tableau 3 : répartition des modes de gestion par d'activité et selon l'organisation

En indiquant par exemple que 43,8% (case grisée) des tournées générées par les petits commerces sont réalisées en véhicules de moins de 3,5 tonnes, cette table gomme les spécificités locales qui indiquent peut-être que les petits véhicules ne sont pas utilisés dans cette proportion-là. Les résultats fournis par cette table, qui sont une moyenne des résultats observés sur les 3 villes d'enquête risquent ainsi d'être contradictoires avec les données produites par le module 1. En effet, cette table impose un profil de ville qui ne concordera pas forcément avec les résultats issus des traitements portant sur les types d'établissements présents dans l'agglomération. Par conséquent, les résultats des modules 2 et 3 risquent de ne pas être comparables avec ce qu'indiquait le module 1 en termes de nombre d'opérations par mode de gestion ou par véhicule.

Il nous est donc apparu essentiel de construire une table adaptée au profil de la ville et qui permette de ventiler les opérations selon un croisement entre mode d'organisation et mode de gestion ou type de véhicule.

La procédure que nous avons mise en œuvre s'est déroulée en 2 temps :
- redressement portant principalement sur les modes de gestion et secondairement sur les véhicules,
- redressement portant principalement sur les véhicules et secondairement sur les modes de gestion.

2.4.3 Le redressement sur les modes de gestion

Il se décompose lui-même en 6 étapes. Dans les équations qui suivent, le mot *modèle* signifie que l'on fait référence à la table `X_FagvTDTour`, tandis que le mot *ville* indique que l'on se réfère à la structure de la ville telle qu'elle a été calculée par le module 1 de FRETURB. Le schéma 1 retrace ces redressements successifs.

2.4.3.1 Etape 1 : Calcul de la part de chacun des modes de gestion selon le mode d'organisation et l'activité, dans la ville

La structure de X_FagvTDTour est reproduite et on y ajoute des colonnes correspondant aux 3 modes de gestion (CA, CPD, CPE). On recalcule alors la ventilation des modes de gestion pour chaque mode d'organisation et chaque classe d'activité, en appliquant la formule suivante à chaque ligne de la table :

$$\frac{MGville_i * MGmodèle_{i/MO}}{(MGmodèle_{i/TD} * TDville_i) + (MGmodèle_{i/TOUR} * TOURville_i)}$$

avec :

$MGville_i$ = part du Mode de gestion dans la ville pour l'activité i

$MGmodèle_{i/MO}$ = part du Mode de gestion dans le modèle (table X_FagvTDTour) pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

$MGmodèle_{i/TD}$ = part du mode de gestion dans le modèle pour l'activité i et le mode d'organisation Traces Directes.

$TDville_i$ = part des Traces Directes dans la ville pour l'activité i

$MGmodèle_{i/TOUR}$ = part du mode de gestion dans le modèle pour l'activité i et le mode d'organisation Tournées.

$TOURville_i$ = part des Tournées dans la ville pour l'activité i.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape1.

2.4.3.2 Etape 2 : Ventilation des modes de gestion par activité et mode d'organisation, selon le type de véhicule utilisé

On introduit alors le véhicule afin de compléter le tableau. A partir de la table créée lors de l'étape 1, on calcule la ventilation des modes de gestion selon le type de véhicule et ce pour chaque activité et mode d'organisation. Pour cette première approche, on se contente de calquer la ventilation sur celle qui figure dans `X_FagvTDTour`.

Pour chaque ligne de la nouvelle table on réalise donc l'opération suivante :

$$\frac{MGétape1_i * (MG*VEHImodèle_{i/MO})}{MGmodèle_{i/MO}}$$

avec :

$MGétape1_i$ = part du Mode de gestion dans la table produite à l'étape 1 pour l'activité i

$MG*VEHImodèle_{i/MO}$ = part du Véhicule * Mode de gestion dans le modèle (par exemple : part des opérations de compte d'autrui s'étant réalisées en véhicules articulés pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

$MGmodèle_{i/MO}$ = part du Mode de gestion dans le modèle pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape2.

2.4.3.3 Etape 3 : Somme en ligne ramenée à 1

La table produite à l'étape 2 est alors modifiée de manière à ce que la somme en ligne sur les modes de gestion soit égale à 1.

Pour chaque ligne et chaque colonne de la nouvelle table on réalise donc l'opération suivante :

$$\frac{étape2_{i/MO}}{\sum_{MG} étape2_{i/MO}}$$

avec :

$étape2_{i/MO}$ = Valeur de la cellule de la table étape2, qu'il s'agisse d'un VEHI*MG ou d'un MG, selon l'activité et le mode d'organisation

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape3.

2.4.3.4 Etape 4 : Redressement secondaire sur les véhicules

La table produite à l'étape 3 est alors redressée sur les véhicules à partir du profil de ville calculé par le module 1, de la façon suivante, pour chaque ligne de la table :

$$\frac{(MG*VEHIétape3_{i/MO}) * VEHIville_i}{\left(\sum_{VEHI} étape3_{i/TD} * TDville_i\right) + \left(\sum_{VEHI} étape3_{i/TOUR} * TOURville_i\right)}$$

avec :

$MG*VEHIétape3_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape3 (par exemple : par des opérations de compte d'autrui réalisées en véhicules articulés) pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : TD, lignes 9 à 16 : TOUR)

$VEHIville_i$ = Part de chacun des véhicules dans la ville pour l'activité i.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape4.

2.4.3.5 Etape 5 : Somme par mode de gestion ramenée à 1

La table produite à l'étape 4 est alors modifiée de manière à ce que la somme par mode de gestion, sur les véhicules soit égale à 1. L'objectif est d'avoir pour chaque ligne :

CA= CA3_5t + CACPort + CAArtic = 1

CPD= CPD3_5t + CPDCPort + CPDArtic = 1

CPE= CPE3_5t + CPECPort + CPEArtic = 1

On obtient ce résultat en appliquant la formule suivante :

$$\frac{(MG*VEHIétape4_{i/MO})}{(MGétape4_{i/MO})}$$

avec :

$MG*VEHIétape4_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape4 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$MGétape4_{i/MO}$ = Part de chacun des modes de gestion dans la table étape4 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape5.

2.4.3.6 Etape 6 : Recalcul des parts des véhicules selon le mode de gestion, l'activité et le mode d'organisation de la ville

Enfin, on applique ces nouveaux ratios de véhicules aux modes de gestion déterminés lors de l'étape 2 de telle sorte que :

$$(MG*VEHIétape6_{i/MO}) = (MG*VEHIétape5_{i/MO}) * MGétape2_{i/MO}$$

avec :

$MG*VEHIétape6_{i/MO}$ = Résultat final : Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$MG*VEHIétape5_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape5 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$Mgétape2_{i/MO}$ = Part du mode de gestion dans la table étape2 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape6.

2.4.4 Le redressement sur les véhicules

La procédure suivie ici est le pendant du redressement opéré sur les modes de gestion. Elle s'exécute également en 6 étapes, la table de départ étant la table `étape6` produite à l'issue du redressement sur les modes de gestion, et à laquelle on a substitué des colonnes sur les véhicules à celles présentant les modes de gestion.

2.4.4.1 Etape 7 : Calcul de la part de chacun des véhicules selon le mode d'organisation et l'activité, dans la ville

On reproduit la structure de étape6 et on recalcule la ventilation des véhicules pour chaque mode d'organisation et chaque classe d'activité. Pour chaque ligne de la table on réalise donc l'opération suivante :

$$\frac{VEHIville_i * VEHIétape6_{i/MO}}{(VEHIétape6_{i/TD} * TDville_i) + (VEHIétape6_{i/TOUR} * TOURville_i)}$$

avec :

$VEHIville_i$ = part du véhicule dans la ville pour l'activité i

$VEHIétape6_{i/MO}$ = part du véhicule dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

$VEHIétape6_{i/TD}$ = part du véhicule dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation Traces Directes.

$TDville_i$ = part des Traces Directes dans la ville pour l'activité i

$VEHIétape6_{i/TOUR}$ = part du véhicule dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation Tournées.

$TOURville_i$ = part des Tournées dans la ville pour l'activité i.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape7.

2.4.4.2 Etape 8 : Ventilation des véhicules par activité et mode d'organisation, selon le mode de gestion utilisé

On introduit alors le mode de gestion. A partir de la table étape7, on calcule la ventilation des véhicules selon le mode de gestion et ce pour chaque activité et mode d'organisation. Pour cette première approche, on se contente de calquer la ventilation sur celle qui figure dans étape6.

Pour chaque ligne de la nouvelle table on réalise donc l'opération suivante :

$$\frac{VEHIétape7_i * (MG * VEHIétape6_{i/MO})}{VEHIétape6_{i/MO}}$$

avec :

$VEHIétape7_i$ = part du véhicule dans la table étape7 pour l'activité i

$MG*VEHIétape6_{i/MO}$ = part du Véhicule * Mode de gestion dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

$VEHIétape6_{i/MO}$ = part du véhicule dans la table étape6 pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : MO = TD, lignes 9 à 16 :MO = Tour)

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape8.

2.4.4.3 Etape 9 : Somme en ligne ramenée à 1

La table produite à l'étape 8 est alors modifiée de manière à ce que la somme en ligne sur les véhicules soit égale à 1.

Pour chaque ligne et chaque colonne de la nouvelle table on réalise donc l'opération suivante :

$$\frac{étape8_{i/MO}}{\sum_{VEHI} étape8_{i/MO}}$$

avec :

$étape8_{i/MO}$ = Valeur de la cellule de la table étape8, qu'il s'agisse d'un VEHI*MG ou d'un VEHI, selon l'activité et le mode d'organisation

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape9.

2.4.4.4 Etape 10 : Redressement secondaire sur les modes de gestion

La table produite à l'étape 9 est alors redressée sur les modes de gestion à partir du profil de ville calculé par le module 1, de la façon suivante, pour chaque ligne de la table :

$$\frac{(MG*VEHIétape9_{i/MO})*MGville_i}{\left(\sum_{MG} étape9_{i/TD} * TDville_i\right) + \left(\sum_{MG} étape9_{i/TOUR} * TOURville_i\right)}$$

avec :

$MG*VEHIétape9_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape9 (par exemple : par des opérations de compte d'autrui réalisées en véhicules articulés) pour l'activité i et le mode d'organisation (lignes 1 à 8 : TD, lignes 9 à 16 : TOUR)

$MGville_i$ = Part de chacun des modes de gestion dans la ville pour l'activité i.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape10.

2.4.4.5 Etape 11 : Somme par véhicule ramenée à 1

La table produite à l'étape 10 est alors modifiée de manière à ce que la somme par véhicule, sur les modes de gestion soit égale à 1. L'objectif est d'avoir pour chaque ligne :

3_5t= CA3_5t + CPD3_5t + CPE3_5t = 1

CPort= CACPort + CPDCPort + CPECPort = 1

Artic= CAArtic + CPDArtic + CPEArtic = 1

On obtient ce résultat en appliquant la formule suivante :

$$\frac{(MG*VEHIétape10_{i/MO})}{(VEHIétape10_{i/MO})}$$

avec :

$MG*VEHIétape10_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape10 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$VEHIétape10_{i/MO}$ = Part de chacun des véhicules dans la table étape10 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera : étape11.

2.4.4.6 Etape 12 : Recalcul des parts des modes de gestion selon le véhicule, l'activité et le mode d'organisation de la ville

Enfin, on applique ces nouveaux ratios de modes de gestion aux véhicules déterminés lors de l'étape 8 de telle sorte que :

$$(MG*VEHIétape12_{i/MO}) = (MG*VEHIétape11_{i/MO}) * VEHIétape8_{i/MO}$$

avec :

$MG*VEHIétape12_{i/MO}$ = Résultat final :Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape12 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$MG*VEHIétape11_{i/MO}$ = Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape11 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

$VEHIétape8_{i/MO}$ = Part du véhicule dans la table étape8 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera étape12.

2.4.4.7 Etape 13 : Création de tblFagvTDTour

Il ne reste plus qu'à corriger quelque peu la table de manière à ce que les totaux en ligne soient égaux à 100%.

$$\frac{(MG*VEHIétape12_{i/MO})}{\sum(MG*VEHIétape12_{i/MO})}$$

avec :

$MG*VEHIétape12_{i/MO}$ =Part du véhicule * mode de gestion dans la table étape12 pour l'activité i et le mode d'organisation MO.

Par la suite pour désigner les valeurs de cette table on l'appellera `tblFagvTDTour`.

2.4.5 Résultat obtenu

Avec ce nouveau mode de calcul des modules 2 et 3, on obtient des résultats cohérents avec ceux qui étaient produits lors du module 1, même si des écarts subsistent quand on désagrège selon les zones. L'intérêt de cette procédure est en outre de permettre la réalisation de simulations sur les croisements véhicules / mode de gestion / mode d'organisation.

En revanche, cette procédure ne suffit pas à mettre en avant les spécificités observées d'une ville à l'autre notamment en ce qui concerne les durées moyennes de stationnement. Il convient donc d'opérer de nouvelles corrections.

2.4.6 Modification de la table des durées

En approfondissant la réflexion sur le mode de calcul des durées de stationnement, on découvre que la table `X_Digv` (qui affecte une durée moyenne de stationnement selon le mode de gestion, le véhicule, le mode d'organisation et la taille de la tournée) comporte des erreurs. Cette table est alors corrigée de manière à ce que les durées qui y figurent soient valides. En outre, il semble opportun d'introduire l'activité dans cette table car les résultats des enquêtes ont montré que c'est avant tout le type d'activité qui détermine le mode de gestion et le véhicule. On construit donc une table `X_Diav` qui affecte une durée moyenne de stationnement selon l'activité, le véhicule, le mode d'organisation et la taille de la tournée.

Avec cette nouvelle table, les résultats fournis par le modèle sont beaucoup plus fidèles à ce qui avait été observé lors des enquêtes.

2.5 Ajout d'un module de simulation

La grande nouveauté apportée par la nouvelle version de FRETURB consiste en la possibilité d'effectuer des simulations, c'est-à-dire l'opportunité qui est offerte à l'utilisateur d'envisager des modifications dans la localisation des activités, le poids des différents types de véhicules, l'organisation logistique des entreprises,…etc et d'en mesurer quasiment instantanément l'impact.

La programmation de ce module de simulation n'en est qu'à son début, cependant on peut d'ores et déjà affirmer que l'utilisation de ce module ne devra être réalisée que par des utilisateurs avertis de FRETURB, c'est-à-dire des utilisateurs qui connaissent bien le logiciel, les données produites et les tables utilisées pour les produire. En effet, en autorisant l'utilisateur à modifier les tables centrales du modèle, on courre le risque que des erreurs soient commises et que des résultats fantaisistes soient produits. Il va de soi qu'à chaque fois que cela a été possible des garde-fous ont été mis en place, afin de contrôler que les instructions données par l'utilisateur soient bien correctes. Malgré tout, ce n'est qu'avec beaucoup de prudence et d'attention que l'utilisateur devra s'engager dans la simulation.

2.5.1 Principes retenus

Le premier d'entre eux est que la simulation ne peut s'opérer qu'à partir d'une application sur laquelle un scénario de référence a été bâti. En effet, ce n'est qu'en mesurant l'écart avec une situation de base que la simulation doit être considérée. Le modèle FRETURB ne prétend pas décrire parfaitement la logistique urbaine, mais seulement en fournir une image globalement juste. Des erreurs d'appréciation peuvent subsister. Cependant, dans la mesure où les erreurs produites le sont de la même manière dans le scénario de référence que dans les simulations, nous faisons l'hypothèse que l'observation de l'écart entre les deux est assez juste.

Ainsi pour prendre un exemple, il ne s'agit donc pas d'affirmer que la délocalisation de tel type d'établissement d'une zone à l'autre va permettre d'atteindre le seuil de X opérations dans telle ou telle zone, car la valeur affichée est connue avec une marge d'erreur. En revanche, on peut annoncer que ce type de mesure va provoquer une baisse (ou une hausse) de X% du nombre d'opérations dans la zone. La valeur du différentiel est beaucoup plus fiable que la valeur absolue fournie par le modèle.

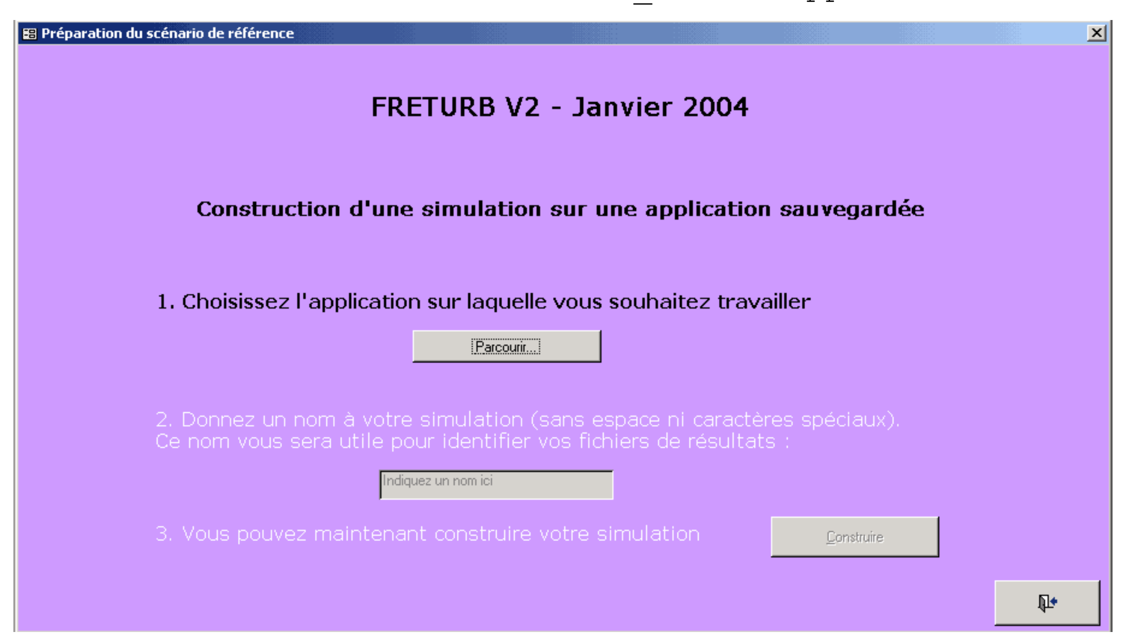
Le second principe indique que seule une modification peut être opérée à la fois dans les fichiers. Ceci vise à limiter le risque d'erreurs susceptibles d'être introduites par les utilisateurs. En effet, supposons que l'utilisateur modifie la structure des activités d'une agglomération, et qu'il décide en outre de modifier le nombre d'opérations. Ces deux manipulations ne sont pas compatibles et ne peuvent pas être opérées conjointement car dans le modèle, c'est la structure des activités qui détermine le nombre d'opérations. Celui-ci est donc calculé à partir de la structure fournie. En conséquence, les modifications apportées au nombre de mouvements ne seront pas prises en compte.

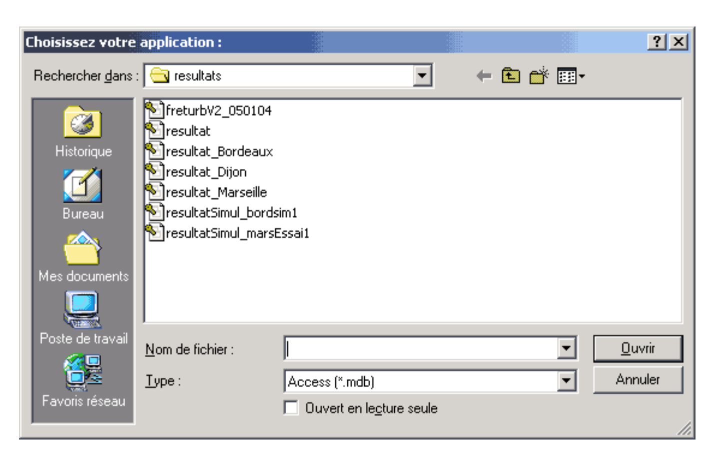
Pour pouvoir modifier ces deux champs, il faudra donc commencer par faire une simulation sur la nouvelle structure d'activité. Puis reprendre le fichier de cette simulation et en réaliser une seconde qui modifie le nouveau nombre de mouvements obtenus. Ainsi, par itérations successives, on pourra faire passer au logiciel des scénarios d'évolution complexes.

2.5.2 Présentation du module de simulation

Lorsque l'on choisit l'option Réaliser des simulations à partir d'une application sauvegardée dans la fenêtre d'accueil de FRETURB, le logiciel nous propose de choisir

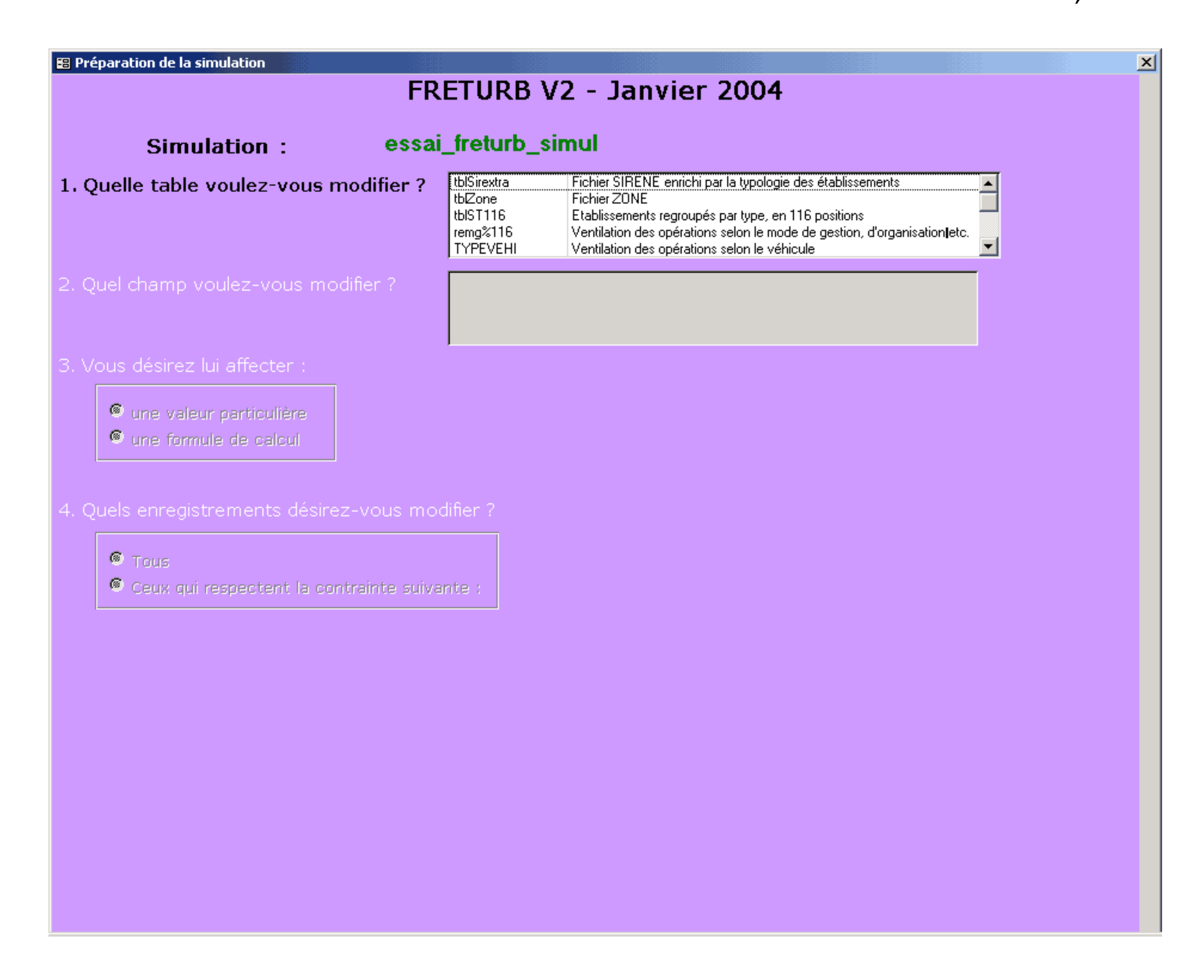
l'application à partir de laquelle sera réalisée la simulation. La liste proposée, qui pointe vers le répertoire `D:\FRETURBV2\resultats\` , présente toutes les bases résultats présentes sur l'ordinateur, qu'elles aient été construites à partir d'un scénario de référence : fichier `resultat_nomdel'application.mdb`, ou bien qu'elles soient issues d'une simulation : fichier `resultatSimul_nomdel'application.mdb`.





Après avoir sélectionné l'application à partir de laquelle il souhaite opérer des modifications, l'utilisateur est invité à nommer l'application qu'il est en train de construire. Ce nom lui permettra de retrouver facilement la simulation pour en examiner les résultats et le cas échéant, de pouvoir la modifier à l'occasion d'une nouvelle simulation. Dans l'exemple ci-dessus, deux simulations ont d'ores et déjà été sauvegardées, il s'agit de la simulation intitulée `bordsim1`, et de la simulation `marsEssai1`. Les bases résultats correspondant aux scénarios de référence sont ici au nombre de trois : `Bordeaux`, `Dijon` et `Marseille`.

Une fois l'application nommée, et après vérification que le nom proposé n'est pas déjà utilisé pour une autre application, on peut se lancer dans la construction du scénario de simulation.



La première question à laquelle l'utilisateur doit répondre est la suivante : Sur quelle table dois-je travailler ? La liste des tables susceptibles d'être modifiées s'affiche dans une liste déroulante dans laquelle figure une description succincte.

Cette première question risque de poser des problèmes à un utilisateur néophyte. C'est pourquoi nous avons indiqué que la simulation ne pouvait concerner que les utilisateurs expérimentés de FRETURB. Ceux qui en connaissent le fonctionnement pourront mener à bien des simulations pertinentes. Pour les autres des risques d'erreurs sont réels même si le guide qui accompagnera le logiciel sera conçu de manière à les limiter le plus possible. Ainsi pour savoir sur quelle table intervenir, l'utilisateur devra connaître la place des différentes tables dans le déroulement des traitements du logiciel, c'est-à-dire :

- De quelles informations sont-elles composées ?
- A quelle étape interviennent-elles dans le programme ?

Pour l'heure, seules 5 tables sont proposées pour modification en vue de réaliser un exercice de simulation. Cette liste devrait s'enrichir peu à peu :

- `tblSirextra` : c'est la table qui accueille les données des caractéristiques des établissements de la ville (fichier SIRENE) importées par l'utilisateur. Cette table est utilisée dans tout le déroulement du module 1 pour construire la typologie des établissements en 116 groupes (ST116).
- `tblZone` : c'est la table qui contient les données de zonage (fichier ZONE) importées par l'utilisateur. Elle est utilisée dans tous les modules du logiciel.
- `remg%116` : c'est la table qui indique, pour chacun des 116 types d'activité (ST116) la répartition des opérations entre Expéditions / Réception, Compte d'Autrui / Compte Propre Destinataire / Compte Propre Expéditeur, Trace Directe / Tournée. Cette table contient donc des ratios dont la somme par catégorie doit être égale à 1. Une fois le

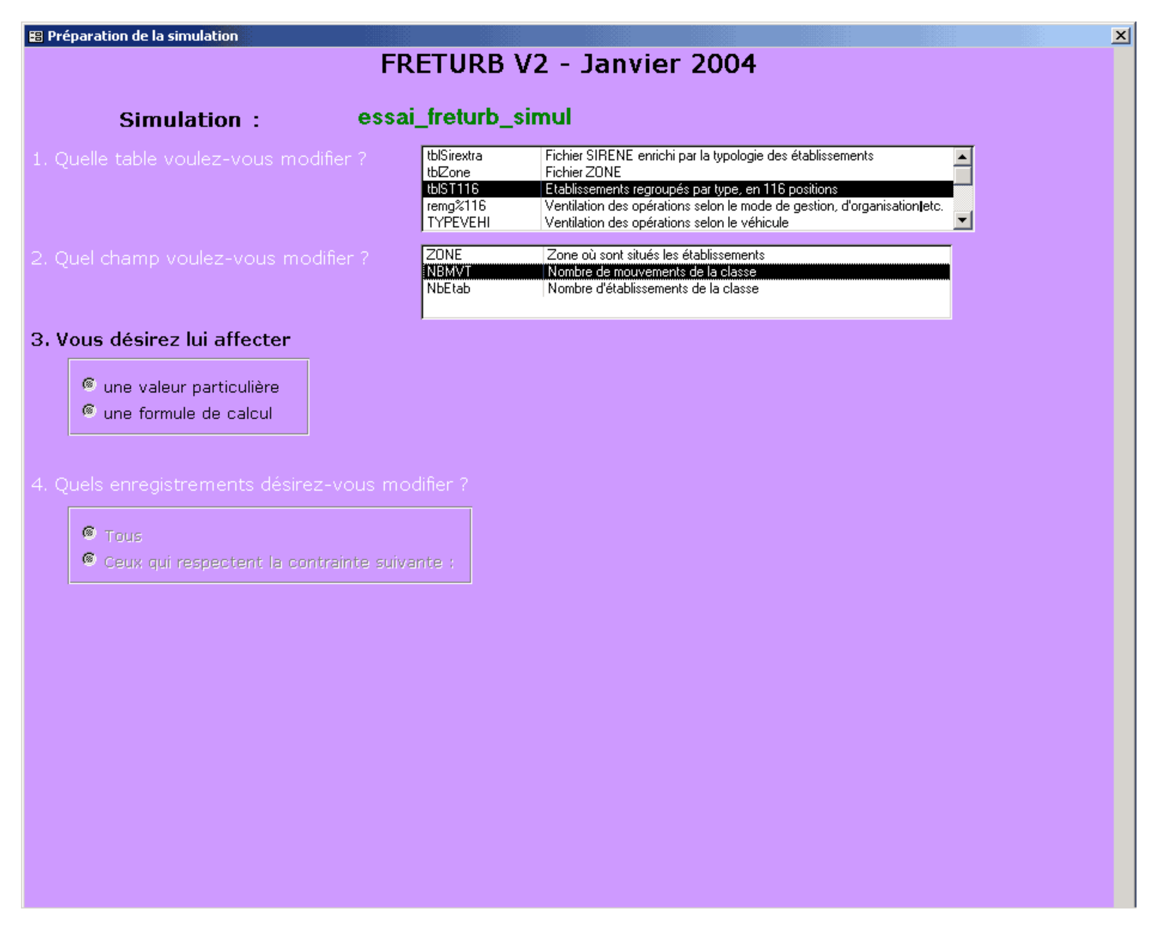
nombre d'opération déterminé dans tblSirextra, elle permet de les ventiler par catégorie afin de construire la table tblST116.

- TYPEVEHI : c'est le pendant de la table remg%116 mais pour ce qui concerne la répartition des opérations selon les véhicules : moins de 3,5 tonnes / Camions Porteurs / Véhicules articulés.
- tblST116 : elle est issue de tblSirextra, remg%116 et TYPEVEHI au cours du module 1. Elle regroupe les établissements selon leur appartenance à l'une des 116 classes d'activité (ST116) et à une zone particulière. Elle contient des informations sur le nombre de mouvements et leur répartition selon le type d'opération, le mode de gestion, le mode d'organisation et le véhicule utilisé. Elle sert pour toutes les sorties graphiques du module 1 et pour l'exécution des modules ultérieurs.

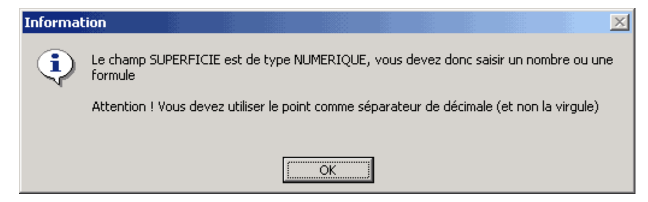
Pour sélectionner la table adéquate, il faut avant tout formuler clairement la question que l'on se pose :

1. Ainsi, si la question posée par l'utilisateur est : « *que se passerait-t-il si l'emploi progressait de 5% dans les établissements industriels situés en 3ème couronne de l'agglomération ?* ». La table sur laquelle il est nécessaire d'intervenir est la table tblSirextra, car c'est celle qui contient toutes les informations concernant les établissements.
2. Si la question est : « *que se passerait-il si la population diminuait de 8% dans la zone 2465 ?* » alors la table pertinente est la table tblZone.
3. En revanche, si la question est : « *que se passerait-il si les opérations augmentaient de 12% pour les supérettes du centre-ville ?* » la table à modifier est la table tblST116.
4. Enfin, si la question est « *quel serait l'impact d'une augmentation de la part des camions porteurs dans les livraisons destinées aux activités de Tertiaire pur ?* » la table à modifier est TYPEVEHI.

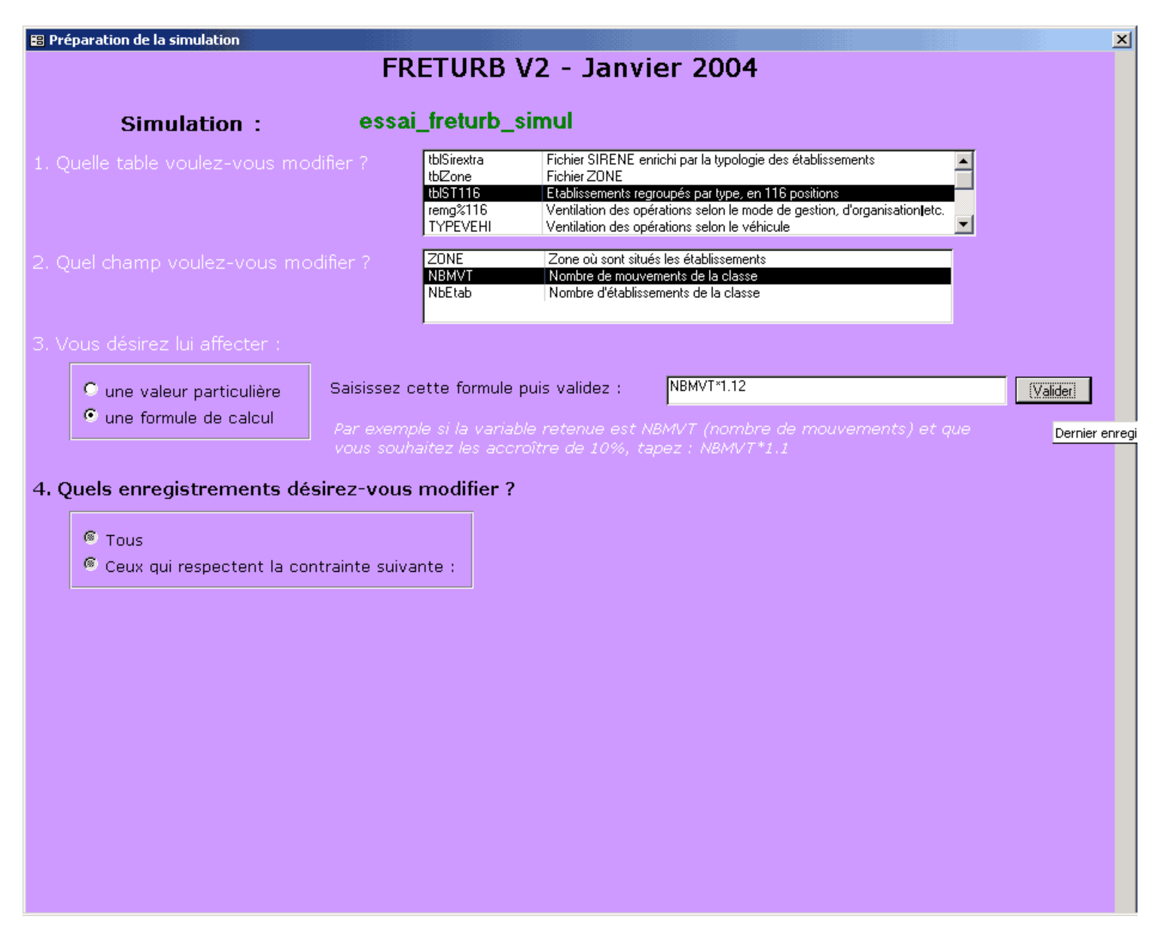
Pour la suite de cet exemple, retenons la question 3 : « *que se passerait-il si les opérations augmentaient de 12% pour les supérettes du centre-ville ?* ». La table à modifier est donc tblST116. Il convient maintenant de déterminer la variable à corriger. En l'occurrence il s'agit du nombre d'opérations. Une fois la table sélectionnée dans la liste déroulante, les variables qui la composent et sur lesquelles une modification est possible, s'affichent :



Ici nous retenons NBMVT : Nombre de mouvements de la classe. Une fenêtre s'ouvre pour nous signaler qu'il s'agit d'une variable numérique, et que dans ce cas le séparateur de décimale à utiliser est le point.

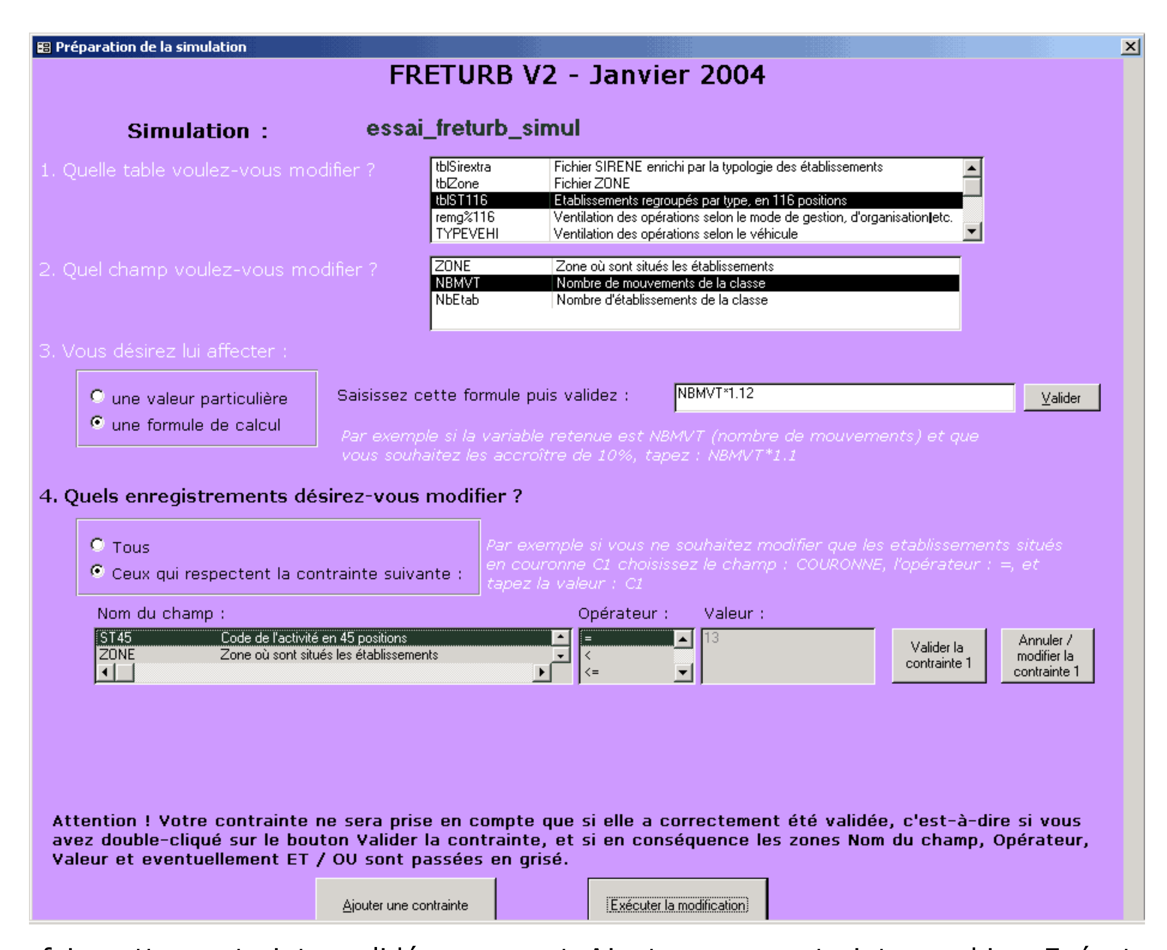


Il faut alors choisir si l'on souhaite entrer une valeur particulière ou bien une formule. Dans le cas présent, c'est une formule qui correspond à notre démarche. La formule à saisir est : NBMVT * 1.12, ce qui correspond à l'hypothèse de simulation d'une augmentation de 12% des mouvements.

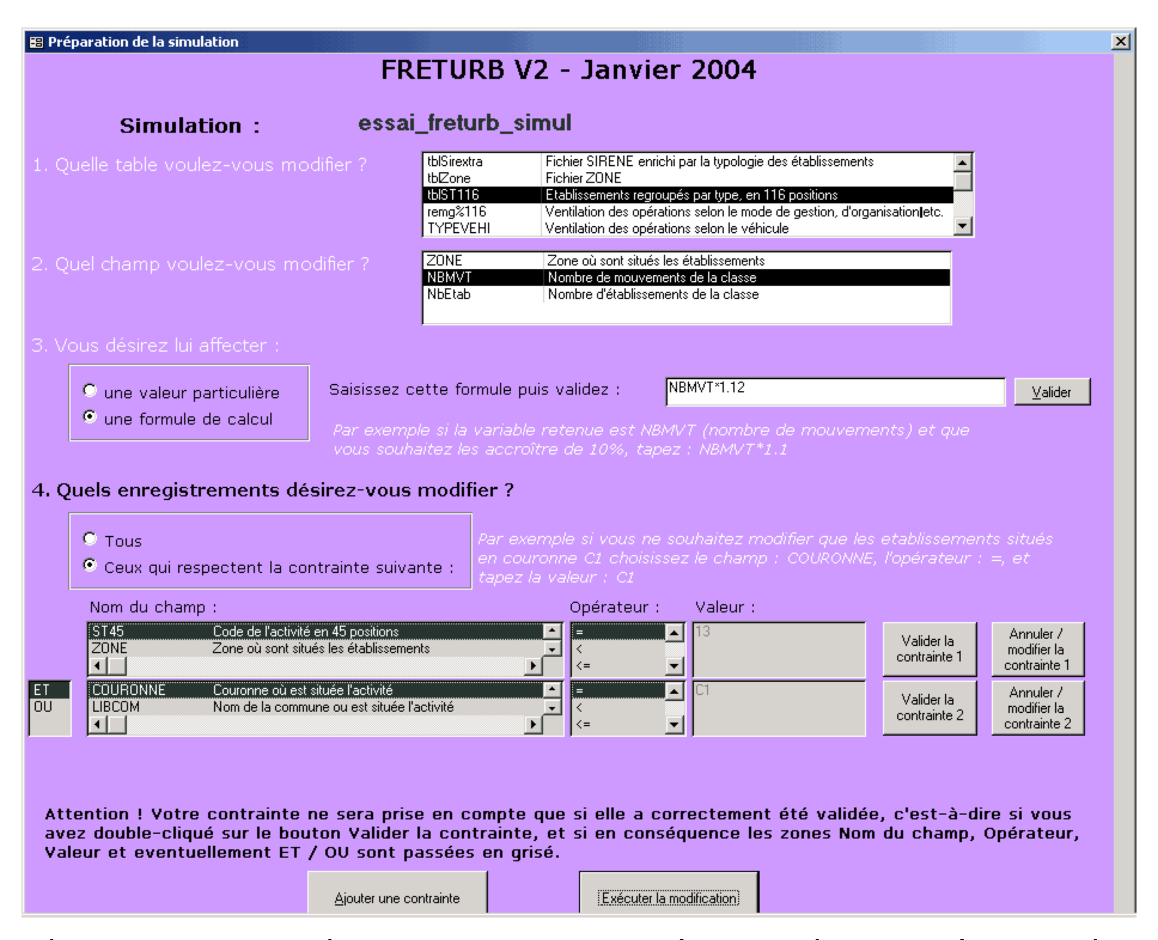


Il convient alors d'indiquer quels enregistrements seront modifiés. Deux options sont proposées : la modification de tous les enregistrements, ou bien la modification d'une sélection d'enregistrements. Comme notre question porte sur les supérettes du centre-ville il faut choisir l'option avec contrainte, puis saisir la contrainte.

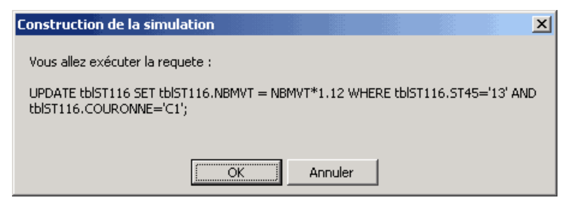
Dans ce cas précis les enregistrements sont ceux qui correspondent à des supérettes et dont le code de typologie en 45 groupes ST45 est « 13 ». Ici on se contente du niveau de typologie ST45 car la taille de l'établissement importe peu, il est donc inutile de passer par la typologie en 116 groupes.



Une fois cette contrainte validée, on peut Ajouter une contrainte ou bien Exécuter la modification. Comme on ne s'intéresse qu'aux supérettes du centre-ville, il faut rajouter une contrainte de localisation. Dans notre hypothèse, le centre ville est par construction (Cf. mode d'emploi de FRETURB V1) situé dans la 1ère couronne, codée C1.



Il est à noter qu'une troisième contrainte aurait pu être ajoutée de la même manière ; ici elle n'a pas lieu d'être compte tenu de notre question. On peut donc choisir d'Exécuter la modification. Afin d'éviter des erreurs, la modification ne s'effectue pas immédiatement. Une fenêtre s'ouvre et affiche le texte de la requête qui vient d'être écrite par l'utilisateur, si ce texte lui convient la modification est réalisée, sinon il est encore temps en cliquant sur Annuler de corriger les indications saisies dans le formulaire :



La traduction de la requête saisie est :

UPDATE tblST116 SET tblST116.NBMVT = NBMVT*1.12 WHERE tblST116.ST45='13' AND tblST116.COURONNE = 'C1' ;

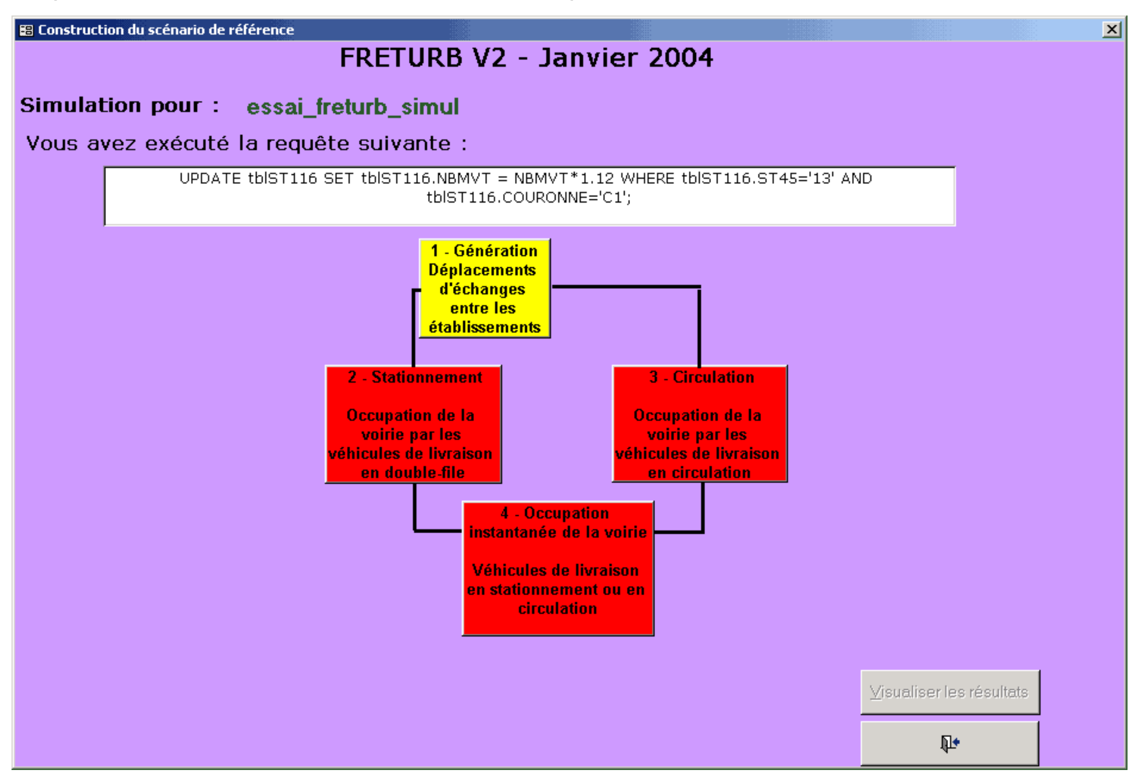
Ce qui signifie que nous allons mettre à jour la table tblST116, sur le champ NBMVT, en appliquant la formule : NBMVT= NBMVT * 1.12 pour les enregistrements ayant la valeur 13 dans le champ ST45 et la valeur C1 dans le champ COURONNE.

C'est bien ce que l'on souhaite faire donc peut valider en cliquant sur OK. Notons ici que la connaissance du langage SQL, utilisé pour l'élaboration des requêtes, peut être utile. Ceci vient renforcer encore l'argument selon lequel les simulations ne peuvent être à la portée de n'importe quel utilisateur, mais seulement de personnes chevronnées dans la manipulation de bases de données et la connaissance de FRETURB.

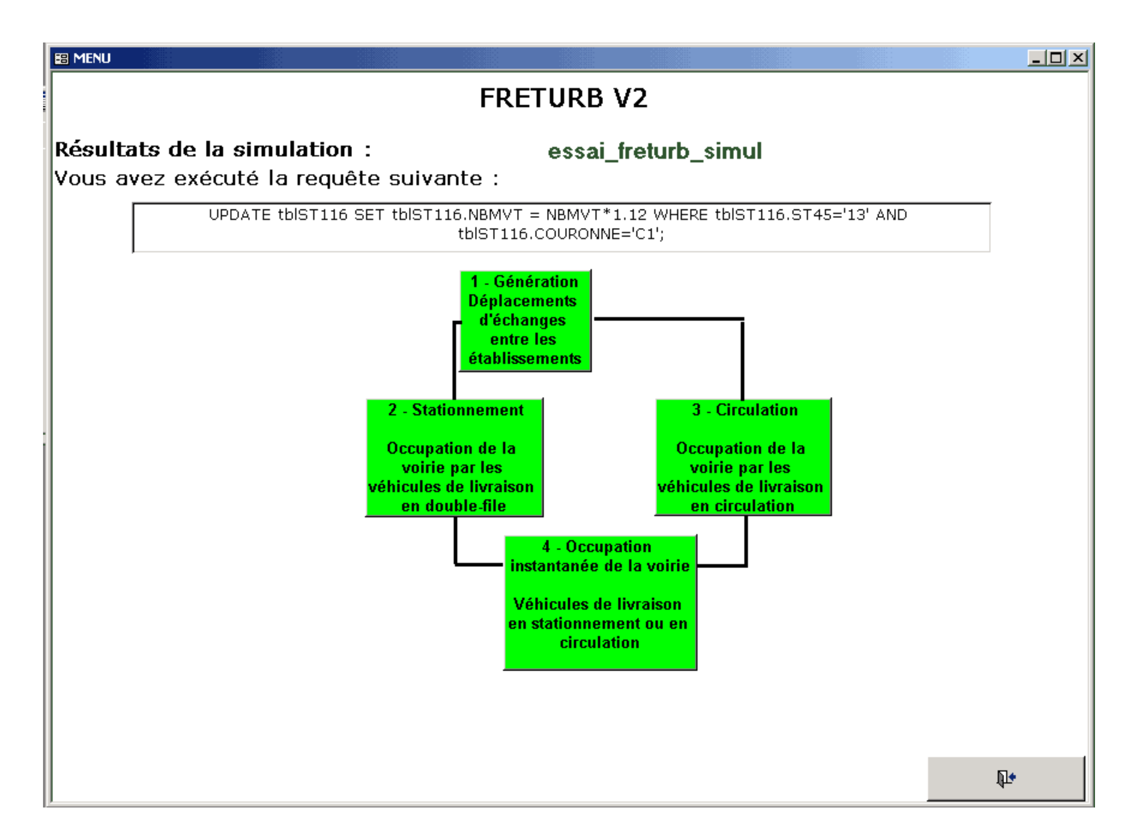
Si la requête s'est bien déroulée, une fenêtre affiche le nombre d'enregistrements modifiés, sinon un message expliquant l'erreur apparaît. Dans l'exemple retenu, seuls 2 enregistrements ont été concernés par la modification :



On peut dès lors poursuivre l'exécution de FRETURB. Dans la mesure où il s'agit d'une simulation, la fenêtre d'exécution a été simplifiée, et il suffit de cliquer sur les boutons correspondant aux modules pour que ceux-ci s'exécutent sans qu'il ne soit nécessaire de passer par des fenêtres intermédiaires. La requête réalisée reste affichée à l'écran.



L'application sur laquelle nous avons fait la simulation ne contenait pas les informations nécessaires à la réalisation du module Achats, c'est pourquoi il ne figure pas dans la fenêtre. Lorsque les modules ont été exécutés, on peut visualiser les résultats de la même manière que pour un scénario de référence. Dans la fenêtre de résultats le texte de la requête réalisée s'affiche encore de manière à ce que l'utilisateur conserve à l'esprit de quelle manière il a construit son scénario.



2.5.3 Contraintes à respecter et tests de cohérence des requêtes

A l'issue de la requête, FRETURB réalise un certain nombre de contrôles visant à s'assurer que la structure des tables est toujours cohérente et à identifier l'endroit à partir duquel l'exécution de FRETURB doit débuter. Ce sont en effet les risques d'incohérences qui peuvent générer des erreurs susceptibles d'interrompre le déroulement du programme. Il convient donc de les débusquer avant qu'elles ne se produisent, de prévenir ces risques afin de s'assurer le plus possible que l'exécution se passe sans heurts.

2.5.3.1 Les tests de cohérence

1. Si l'utilisateur a modifié la zone de localisation des établissements des fichiers `tblSirextra` ou `tblST116`, une requête va alors corriger les champs Commune et Couronne de telle sorte que les zones de `tblSirextra` et celles de `tblZone` demeurent concordantes.
2. Si l'utilisateur a modifié l'effectif de l'établissement, une requête vient mettre à jour le champ TEFET (tranche d'effectif salarié) en conséquence, afin qu'il n'y ait pas d'incohérences dans la table.
3. Dans la table `remg%116`, si l'utilisateur a modifié la part des expéditions, alors la part des réceptions s'ajuste de façon que : expédition + réception = 1. De même, s'il modifie la part des traces directes, celle des tournées s'ajuste. Le cas de figure est un peu plus complexe en ce qui concerne les modes de gestion car ils sont au nombre de 3. L'utilisateur a le choix entre modifier la part du compte d'autrui (CA) et celle du compte propre expéditeur (CPE). En conséquence la modalité d'ajustement est le compte propre destinataire (CPD). Ainsi, si l'utilisateur modifie le compte d'autrui, le compte propre destinataire va s'ajuster de manière à ce que CA + CPE + CPD = 1. Dans l'hypothèse où l'augmentation de la part du CA est telle que CA + CPE > 1, et dans la mesure où les valeurs négatives ne sont bien entendu pas tolérées, alors la part du CPD passe à 0 et celle du CPE s'ajuste afin de préserver l'équation CA + CPE + CPD = 1. Réciproquement, si l'utilisateur modifie la part du CPE, c'est toujours le CPD qui s'ajuste sauf dans le cas ou la hausse est telle qu'il faille également ajuster le CA.

Cette hypothèse est forte. Pour l'heure c'est néanmoins celle que nous avons retenue car en procédant de cette manière on permet de conserver les valeurs saisies par l'utilisateur. Ainsi, si l'utilisateur décide, lors d'une première étape de sa simulation, de passer le CA à 25% pour certaines activités, il pourra lors d'une seconde simulation réalisée suite à la précédente, corriger le CPE de manière à fixer précisément les valeurs CA, CPE et CPD, exemple : CA = 25%, CPE = 45% et donc CPD = 30%. Si nous avions opté pour une autre démarche, par exemple en répercutant le changement de la part d'un mode de gestion sur les deux autres à la fois, l'utilisateur n'aurait pas été en mesure de modifier exactement dans les proportions souhaitée chacun des modes de gestion. Nous réfléchissons actuellement à d'autres procédures, elles seront peut-être retenues dans les développements ultérieurs du logiciel.

4. Le même problème se pose dans la table `TYPEVEHI` avec la répartition des véhicules puisqu'il y en a trois : les moins de 3,5 tonnes (3_5T), les camions porteurs (CPORT) et les véhicules articulés (ARTIC). Dans la démarche de simulation, nous proposons à l'utilisateur de corriger soit la part des 3_5T, soit celle des ARTIC. En conséquence, c'est la part des CPORT qui s'ajuste selon le même principe que pour les modes de gestion.

2.5.3.2 Les différentes zones concernées par la reprise de l'exécution de FRETURB

Ainsi qu'il a déjà été signalé, selon la modification mise en œuvre l'exécution du module 1 de FRETURB devra se faire dans son intégralité ou seulement sur une partie du code.

Si la modification porte sur la table `tblSirextra`, c'est tout le module 1 qui sera exécuté. En revanche, s'il s'agit d'un changement de `remg%116` ou de `TYPEVEHI`, on pourra s'affranchir de la partie du programme qui se déroule avant l'entrée en action de ces deux tables. Si c'est `tblST116` qui est modifiée, il conviendra alors de relancer le module 1 au niveau de l'intervention des tables `remg%116` et `TYPEVEHI` qui servent à ventiler les opérations selon leurs caractéristiques (véhicule utilisé, mode de gestion, d'organisation, type d'opération). Si c'est la table de zonage qui est concernée, l'exécution pourra reprendre à l'issue du module 1, au moment où les tables sont exportées vers la base de données résultats.

2.6 Conclusion

La physionomie et les procédures du logiciel ont ainsi beaucoup évolué dans cette nouvelle version. Les transformations à venir seront concentrées sur le module Achats, qui doit être enrichi des dernières avancées de la thèse d'Erwan Ségalou (voir ch. 2). En parallèle à ce travail sur le module Achats, un module d'affectation du trafic doit voir le jour, en collaboration avec le CETE Nord Picardie (voir ch. 3). La première réunion de travail en commun a eu lieu en février. Enfin, un module « Bilan environnemental » devrait venir se greffer au logiciel. Il offrira à terme la possibilité de réaliser des représentations cartographiques des émissions polluantes.

Le travail entamé concernant le module de simulation va se poursuivre afin d'enrichir les possibilités d'intervention de l'utilisateur et de rendre ces simulations encore plus simples et pertinentes. Pour cela, ainsi que pour améliorer encore l'ergonomie du logiciel, des échanges avec les utilisateurs de FRETURB seront indispensables. Ils nous permettront d'identifier les questions les plus fréquemment posées et d'adapter le logiciel en conséquence. Le bilan d'étape de l'utilisation de FRETURB, proposé par le CETE Nord Picardie, qui doit s'achever prochainement, nous fournira des éléments précieux pour améliorer encore le logiciel et envisager d'étendre sa diffusion.

3 Distribution zone à zone des flux d'achat dans l'agglomération

3.1 L'estimation des flux d'achat selon leur Origine et selon leur Destination : le modèle proposé par Erwan Ségalou[8]

Les données issues des Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) fournissent des trafics achats redressés sur la zone de résidence de l'individu. La logique de Freturb est différente, elle nécessite un redressement de ces flux au lieu d'achat. Il convient alors d'extraire des fichiers EMD les informations relatives au déplacement et de les traiter de manière à obtenir une matrice Origine Destination de ces déplacements redressés au lieu d'achat. Mais tout d'abord il est essentiel de préciser ce que recouvre la terminologie Déplacement d'Achat employée par Freturb.

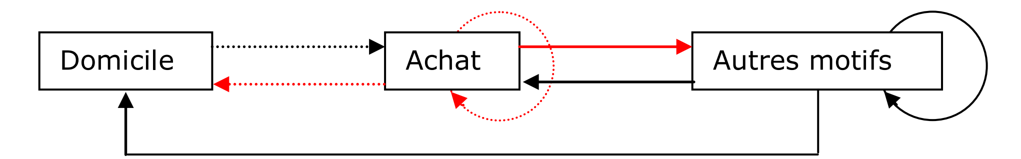
3.1.1 Qu'est-ce qu'un déplacement d'achat au sens de Freturb ?

Un déplacement d'achats est un déplacement dont le ***motif à l'origine*** est l'achat. En effet, ce déplacement donne lieu au transport de marchandise de la part de l'acquéreur. Quelques exemples de déplacements d'achats :

Achat → Domicile , Achat → Travail , Achat → Loisir , Achat → Achat

Mais pour prendre en compte l'intégralité des déplacements provoqués par l'acte d'achat, nous avons décidé d'inclure dans les flux étudiés, ceux qui composent les ***trajets amonts des navettes achats***. Une navette achats est entendue comme étant un déplacement dont le seul but est l'acte d'achat. C'est donc un déplacement qui part du domicile pour se rendre sur un ou plusieurs lieux d'achats puis revient au domicile. Le trajet amont de la navette achat est la portion du déplacement qui est située avant l'acte d'achat, c'est-à-dire le trajet Domicile – Achat.

On peut représenter simplement les flux Achats retenus par Freturb sur le schéma suivant :



Sur ce schéma, les trajets figurés en rouge constituent les trajets Achats. Ceux qui sont en pointillés – quelle que soit leur couleur – sont ceux susceptibles de constituer des navettes achats. Ils ne seront effectivement considérés comme des déplacements d'achat, que si le maillon : Domicile – Achat (en pointillés noirs sur le schéma) figure dans la chaîne de déplacement. Les trajets indiqués en noir trait plein, ne sont pas des déplacements d'achats.

Prenons quelques exemples de chaînes de déplacements afin d'isoler ce qui est considéré comme un déplacement d'achat par Freturb :

- Domicile → Travail → **Achat → Domicile** : seule la portion **Achat → Domicile** constitue un déplacement d'achat car elle est uniquement motivée par l'acte d'achat.

- Domicile → **Achat → Loisir** → Domicile : un seul déplacement d'achat sur la portion **Achat → Loisir**.

[8] on pourra trouver un résumé du travail de E. Segalou utilisé ici, dans le rapport : Mise en place d'une méthodologie pour la réalisation des bilans environnementaux du transport de marchandises en ville, LET, Aria Technologies, System Consult, pour l'ADEME, pp. 33 à 44.

- Domicile → **Achat → Achat → Démarches** → Domicile : Deux déplacements d'achats sur les portions **Achat → Achat** et **Achat → Démarches**.

- **Domicile → Achat → Domicile** ou bien **Domicile → Achat → Achat → Domicile** : Toute la chaîne est uniquement motivée par l'acte d'achat, il s'agit donc d'une navette achat comportant deux déplacements d'achat dans le premier cas, et trois dans le second cas.

- Domicile → **Achat → Loisir** → **Achat → Domicile** : Deux déplacements d'achat sur les trajets **Achat → Loisir** puis **Achat → Domicile**.

3.2 Les variables utilisées par Freturb pour modéliser les flux d'achat

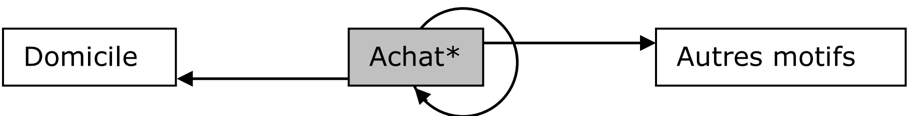
Dans la procédure de modélisation, Freturb fonctionne par étapes. Dans un souci de cohérence, et pour permettre d'élaborer la matrice Origines / Destinations, les calculs sont d'abord réalisés pour chacune des zones d'émission, puis pour chacune des zones d'attraction. En effet, un déplacement ne se caractérise pas seulement par des motifs mais également par des lieux : il relie une zone de départ et une zone d'arrivée. Dans le fichier EMD des milliers de déplacements reliant différentes zones de départ et différentes zones d'arrivée sont inscrits[9]. Ces déplacements peuvent être comptabilisés au lieu de départ (***zo***) : c'est l'émission, ou bien au lieu d'arrivée (***zd***) :c'est l'attraction. Logiquement la somme des émissions doit être égale à la somme des attractions. Néanmoins, dans la mesure où le logiciel modélise l'émission et l'attraction à partir de variables différentes, il est normal d'observer un léger écart entre ces deux grandeurs. C'est pourquoi un redressement visant à équilibrer ces deux grandeurs doit être opéré.

3.2.1 . L'émission

Elle est calculée au lieu d'origine (***zo***) en 2 étapes. Dans un premier temps sont estimés les flux d'achat réalisés en Voiture Particulière (VP) émis par les lieux d'achats. Cette estimation était déjà fournie dans la version précédente du module Achats de Freturb. Dans un second temps, ce sont les trajets amont des navettes achats qui sont estimés, au lieu d'émission c'est-à-dire le domicile.

3.2.1.1 L'émission par les lieux d'achats des flux d'achat réalisés en VP

Sur le schéma précédent, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :



*Dans le cas des déplacements Achat → Achat. Les flux sont calculés au lieu d'achat d'origine

Pour obtenir l'émission des flux d'achat réalisés en VP, la modélisation est réalisée en 3 nouvelles étapes. On estime d'abord les flux d'achats tous modes, puis la part de la VP dans les déplacements d'achat, enfin on combine ces deux grandeurs.

9. Ces zones seront par la suite appelées Zones Enquête Ménage, car il s'agit du découpage de l'agglomération retenu par l'EMD. Dans le cadre de l'EMD, il peut y avoir plusieurs découpages proposés selon différents degrés de finesse. Pour faire fonctionner Freturb, il convient de retenir le découpage compatible avec le zonage adopté dans le fichier Zones. Par exemple, à Dijon, ce découpage EMD comprend 25 zones, qui englobent les 46 zones de fonctionnement du modèle. Le macro-zonage qui est utilisé pour le calcul de la part de la VP dans les flux d'achats comporte pour sa part 10 zones.

L'estimation de l'émission par les lieux d'achats des flux d'achat tous modes

Dans le modèle, elle est estimée par une régression linéaire multiple associant 4 variables calculées par Freturb ou fournies par le fichier de zonage :

- le nombre d'emplois en grande surface (EmploiGS)
- le nombre d'emplois en très grandes surfaces (EmploiTGS)
- le nombre de commerces, hors grandes et très grandes surfaces (NbAutrEtab)
- et le nombre d'habitants (Population).

Ainsi, l'équation est la suivante :

$$HAORI_{zo} = a_1 * Population_{zo} + a_2 * EmploiGS_{zo} + a_3 * EmploiTGS_{zo} + a_4 * NbAutrEtab_{zo}$$

HAORI est calculé à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération (la zone de départ et la zone d'arrivée doivent être connues et comprises dans l'aire d'étude). Seules les zones émettant 50 déplacements ou plus sont retenues (cf. ce qui figure dans la partie sur Dijon concernant la représentativité statistique).

L'estimation de la part de la VP dans ces déplacements d'achat émis par les commerces

Elle est estimée par une régression linéaire multiple associant les 3 variables suivantes :

- La distance au centre, à vol d'oiseau de centroïde à centroïde (DistZoneCentre, fournie par le fichier Zone)
- Le taux de motorisation de la zone (TxMotor, calculé à partir du fichier EMD)
- La présence ou non d'une grande surface dans la zone (ET_TGS, calculé par Freturb)

L'équation est la suivante :

$$PART_HAVP_{zo} = k + b_1 * TxMotor_{zo} + b_2 * Log(DistZoneCentre_{zo}) + b_3 * ET_TGS_{zo}$$

PART_HAVP est déterminé à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération (la zone de départ et la zone d'arrivée doivent être connues et comprises dans l'aire d'étude). Les zones utilisées pour le calculer sont des macro-zones, c'est-à-dire des zones plus vastes que les zones habituellement utilisées. En effet, sur un découpage trop fin, le volume de flux risquerait de ne pas être suffisamment significatif. Il est calculé en rapportant les HAORIVP (flux d'achats réalisés en VP) aux HAORI sur le macro zonage.

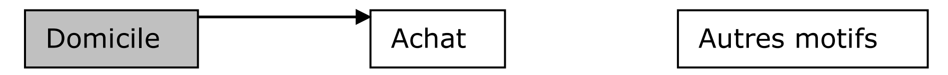
L'estimation du nombre de déplacements d'achat réalisés en VP et émis au niveau de l'appareil commercial

Elle s'obtient en multipliant les variables précédemment estimées :

$$HAORIVP_{zo} = HAORI_{zo} * PART_HAVP_{zo}$$

3.2.1.2 L'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

Sur le schéma précédent, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :



Pour obtenir l'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP, on réalise une régression linéaire multiple associant 2 variables fournies par le fichier de zonage et l'EMD :

- le nombre d'habitants (Population),

D'après Erwan Ségalou, « *le choix de cette variable se justifie par le fait que le nombre de sorties du domicile observé sur une zone, et cela quel que soit le motif de sortie en général, est très fortement lié au nombre d'habitants de la zone. Autrement dit, plus un secteur compte d'habitants plus le nombre de déplacements émis par ce dernier, toutes choses égales par ailleurs, est important.* »

- Le taux de motorisation de la zone (TxMotor, calculé à partir du fichier EMD)

D'après Erwan Ségalou, « *Cette variable intervient dans la fonction de génération pour rendre compte du fait que le niveau de motorisation d'un secteur donné influence le comportement modal des habitants de ce dernier. Ainsi, plus le nombre moyen de voitures par ménage est élevé, plus la probabilité que les individus aient recours à ce mode est importante.* »

L'équation est la suivante :

$$\boldsymbol{DomiHaVPnavOri_{zo} = c_1 * Population_{zo} + c_2 * TxMotor_{zo}}$$

DomiHaVPnavOri est calculé à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération (la zone de départ et la zone d'arrivée doivent être connues et comprises dans l'aire d'étude). Il recouvre les déplacements réalisés en VP et compris dans une navette Achats telle qu'elle a été définie plus haut.

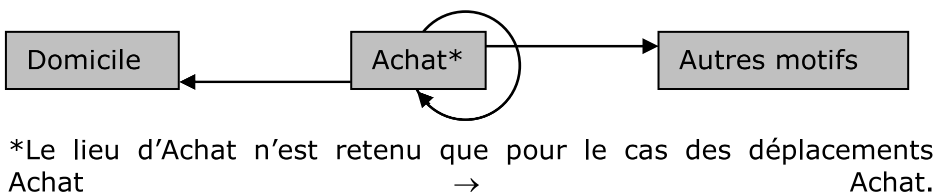
Seules les zones émettant 50 déplacements ou plus sont retenues (cf. ce qui figure dans la partie sur Dijon concernant la représentativité statistique).

3.2.1.3 L'attraction

De manière symétrique à ce qui a été fait pour l'émission, l'attraction est calculée en 2 étapes. Les flux d'achats réalisés en VP sont ici estimés au lieu d'arrivée (***zd***), qu'il s'agisse du domicile, du lieu de travail ou d'un quelconque autre lieu. Ensuite ce sont les trajets amont des navettes achat qui sont cette fois-ci estimés au lieu d'achat.

3.2.1.4 L'attraction des flux d'achat réalisés en VP

Sur le schéma précédent, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :



*Le lieu d'Achat n'est retenu que pour le cas des déplacements Achat → Achat.
Ils sont calculés au lieu d'achat de Destination

On peut ensuite les estimer, par le biais d'une régression linéaire reliant les variables suivantes issues de Freturb :

- le nombre d'habitants (Population),

D'après Erwan Ségalou, « *Il ressort des analyses menées à partir des enquêtes ménages que le domicile est en moyenne le motif de destination de 75% des déplacements effectués directement après la réalisation d'un achat. Ainsi, comme pour tous les déplacements en direction du domicile, le pouvoir d'attraction d'une zone concernant de tels déplacements est logiquement corrélé à son poids démographique. Autrement dit, on considère qu'un secteur attire d'autant plus de déplacements se terminant au domicile qu'il compte d'habitants.* »

- La densité d'établissements économiques de la zone (DENSACTI, calculé par Freturb)

D'après Erwan Ségalou, « *Un achat dans un commerce n'est pas toujours suivi d'un retour direct au domicile. Dans environ 25% des cas, la réalisation d'un acte d'achat*

est suivie d'une autre activité (travail, loisirs, autres achats, etc.). Pour rendre compte de cet état de fait, nous faisons l'hypothèse que plus une zone concentre un grand nombre d'établissements économiques plus elle offre a priori un potentiel d'activités important et plus sa capacité à attirer un grand nombre de déplacements est alors élevée. Dans ce cas précis, la variable nombre d'établissements économiques au km² peut être interprétée comme un indicateur de l'offre d'activités d'une zone. A cet effet positif sur l'attraction des flux tous modes dont rend compte une telle variable, s'en ajoute un deuxième, négatif, concernant le recours à la voiture particulière pour effectuer de tels déplacements. En effet, la présence d'un plus ou moins grand nombre d'établissements économiques au km² est à la fois significatif en général d'une certaine densité (densité d'habitants, du bâti, etc.) de la zone considérée et d'un certain niveau de proximité (géographique) entre les établissements économiques ; ces facteurs influençant directement le plus ou moins grand recours à la voiture par rapport aux autres modes. »

La relation est la suivante :

$$\boldsymbol{HAoriVPtsmotifs_{zd} = k + d_1 * Population_{zd} + d_2 * DENSACTI_{zd}}$$

HaoriVPtsmotifs est calculé à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération (la zone de départ et la zone d'arrivée doivent être connues et comprises dans l'aire d'étude). Il comprend les déplacements réalisés en VP à destination de ***zd*** et dont le motif à l'origine est l'achat, quel que soit le motif à la destination.

Seules les zones attirant 50 déplacements ou plus sont retenues (cf. ce qui figure dans la partie sur Dijon concernant la représentativité statistique).

3.2.1.5 L'attraction des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

Sur le schéma précédent, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :



Ces flux sont alors modélisés, via une régression linéaire associant les variables suivantes issues de Freturb :

- les trajets amonts des navettes achats réalisés en VP estimés au lieu d'émission ($DomiHaVPnavOri_{zo}$, cette variable a été déterminée par Freturb au point 2.1.b) ci-dessus),

  D'après Erwan Ségalou, « *L'étude comparative de la mobilité d'achat dans les agglomérations de Bordeaux, Dijon, Lyon et Marseille, a notamment mis en évidence que les particuliers favorisaient la fréquentation des commerces situés dans leur secteur de résidence par rapport à ceux localisés dans les autres secteurs de l'agglomération. Un tel comportement, valable en général, est encore bien plus marqué lorsque l'achat constitue l'unique motif de sortie du domicile. Aussi, nous considérons que les achats effectués dans les commerces d'une zone donnée lors d'un simple aller-retour en voiture depuis le domicile sont d'autant plus nombreux que les habitants de la zone génèrent un nombre important de navettes simples liées aux achats et réalisés en voiture.* »

- Le nombre de commerces de grandes ou très grandes surface situés dans la zone de destination (NbEtGSTGS, calculé par Freturb)

  D'après Erwan Ségalou, « *La répartition des boucles simples liées aux achats selon les deux principaux modes de transport (marche à pied et voiture) révèle des comportements différenciés concernant le type de commerce fréquenté. Ainsi, un achat réalisé lors d'une navette simple en voiture est dans la majorité des cas effectué dans une surface de vente d'au moins 400 m² (supermarché, hypermarché, grande surface spécialisée, etc.). A contrario, le recours à la marche à pied est le plus souvent*

synonyme d'achats dans de petits établissements commerciaux. Toutes choses égales par ailleurs, nous considérons donc que la probabilité qu'une zone attire des navettes simples liées aux achats et effectués en voiture est d'autant plus importante que les commerces de plus de 400 m² y sont nombreux. »

L'équation obtenue est :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = k + e_1 * DomiHaVPnavOri_{zo} + e_2 * NbEtGSTGS_{zd}$$

DomiHaVPnavDest est calculé à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération (la zone de départ et la zone d'arrivée doivent être connues et comprises dans l'aire d'étude). Il comprend les déplacements réalisés en VP à destination de d et dont le motif à l'origine est le domicile tandis que le motif à la destination est l'achat. Ces déplacements doivent être compris dans une navette achats telle qu'elle a été décrite ci-dessus.

Seules les zones attirant 50 déplacements ou plus sont retenues (voir dans la partie sur Dijon concernant la représentativité statistique).

3.2.2 La correction des marges de la matrice Origine / Destination

Après avoir appliqué les fonctions précédentes de manière à connaître les émissions et les attractions de chacune des zones, il faut corriger les marges de ces matrices afin que les émissions soient égales aux attractions. Emissions comme Attractions sont déterminées par la sommes des flux d'achat et des trajets amont des navettes achat. Il convient donc de faire en sorte que les navettes achats calculées au lieu d'origine (donc émises) soient globalement égales aux navettes achats calculées au lieu de destination (donc attirées). De même il est nécessaire que les flux achats calculés au lieu d'émission soient globalement identiques aux flux achats calculés au lieu d'attraction.

Pour réaliser cette mise en adéquation, Erwan Ségalou recommande d'utiliser la méthode suivante :

« *Classiquement, on considère que c'est le modèle d'émission (estimé traditionnellement sur la base de données relatives à la population de la zone) qui donne la meilleure estimation du nombre total de flux. Cette logique correspond très bien à celle mise en œuvre pour l'estimation des trajets amont des navettes achat (déplacement domicile – achat) réalisés en voiture. Dans ce cas précis, nous appliquons donc uniformément aux marges relatives à l'attraction (destination) un coefficient correcteur γ, rapport du nombre de déplacements émis sur le nombre de déplacements attirés* »

Ainsi

$$\gamma = \frac{\sum_{zo} \mathrm{DomiHaVPnavOri}_{zo}}{\sum_{zd} \mathrm{DomiHaVPnavDest}_{zd}}$$

En appliquant γ aux navettes achat attirées pour chacune des zones, on obtiendra un total de navettes attirées identique au total des navettes émises.

Une harmonisation similaire doit être pratiquée sur les flux d'achats. Comme ceux-ci ont été estimés à partir de l'offre commerciale pour ce qui est de l'émission, et à partir de la population pour ce qui est de l'attraction, Erwan Ségalou recommande donc :

« *A l'inverse, pour les autres déplacements, nous expliquons l'emission sur la base des caractéristiques de l'offre commerciale et non de celles de la population. Dans ce cas, c'est donc le modèle d'attraction qui donne la meilleure estimation globale des flux. Par conséquent, pour les déplacements d'achat émis au niveau de l'appareil commercial, nous appliquons uniformément aux marges relatives à l'émission (origine) un coefficient correcteur δ, rapport du nombre de déplacements attirés sur le nombre de déplacements émis.* »

$$\delta = \frac{\sum_{zd} HAoriVPtsmotifs_{zd}}{\sum_{zo} HAORIVP_{zo}}$$

En appliquant δ aux flux d'achats émis pour chacune des zones, on obtiendra un total de flux d'achats émis identique au total des flux attirés.

Ainsi, dans la mesure ou chacune des deux composantes des déplacements d'achats aura été égalisée entre les émissions et les attractions, on aura bien au final :

Origines ou Emissions = Destinations ou Attractions

Avec :

Origines = $\boldsymbol{O_{zo}} = \sum_{zo} (\delta * HAORIVP_{zo} + DomiHaVPnavOri_{zo})$

Destinations = $\boldsymbol{D_{zd}} = \sum_{zd} (HAoriVPtsmotifs_{zd} + \gamma * DomiHaVPnavDest_{zd})$

3.3 Le calcul d'une distribution des déplacements automobiles pour les achats réalisés par les ménages

Une fois les marges de la matrice Origine / Destination établies, on peut procéder à l'estimation de la matrice indiquant pour chaque couple de zones, les flux d'achats et leurs trajets amont (lorsqu'il s'agit de navettes) des ménages. Cette matrice est estimée par la fonction suivante :

$$\boldsymbol{T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * f(d_{zozd})}$$

Cette équation est construite à partir des variables Origines ($\boldsymbol{O_{zo}}$) et Destinations ($\boldsymbol{D_{zd}}$) calculées précédemment, ainsi que d'une fonction d'impédance décroissante. Cette fonction indique le rôle joué par la distance comprise entre les zones ($\boldsymbol{d_{zozd}}$) comme frein aux échanges. En effet, plus la distance entre deux zones sera élevée, et moins les échanges seront nombreux, toutes choses égales par ailleurs.

Erwan Ségalou précise que cette fonction est de la forme :

$$\exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

Il indique également que : « *L'élément de base retenu pour estimer l'éloignement entre deux zones (d_{zozd}) est le temps de parcours moyen en voiture. Une telle information peut être obtenue à partir d'une distance-temps estimée sur un réseau par un modèle d'affectation (Davis, Opéra). L'estimation de ce modèle se fait très simplement par passage au logarithme de la spécification décrite ci-dessus. La détermination des coefficients se fait alors par la méthode des moindres carrés ordinaires.* »

La régression sera donc calculée à partir des logarithmes. Elle peut se présenter de différentes manières :

- Soit, elle se présente ainsi :

  $$\boldsymbol{Ln(T_{zozd}) = constante + ln(O_{zo}) + ln(D_{zd}) - \alpha\, (d_{zozd})}$$

  Ce qui permettra d'obtenir après le calcul des paramètres issus la régression, une fonction de type :

  $$T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

  Où k = $\exp^{(constante)}$

  β = valeur du premier coefficient de la régression

χ = valeur du deuxième coefficient de la régression

α = valeur du troisième coefficient de la régression

- Soit, elle se présente ainsi :

$$Ln(T_{zozd}) - (ln(O_{zo}) + ln(D_{zd})) = constante - \alpha\,(d_{zozd})$$

Elle se calcule comme une régression linéaire simple et donne après transformation une fonction de type :

$$\frac{T_{zozd}}{O_{zo} * D_{zd}} = k * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

$$T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

Où k = $\exp^{(constante)}$

α = valeur du coefficient de la régression

3.4 L'application du module Achats à l'agglomération dijonnaise

Nous avons appliqué ce modèle à l'EMD de Dijon réalisée en 1997. Pour faire fonctionner Freturb, nous avons utilisé des fichiers SIRENE datant de 1995, soit une date proche de celle de l'EMD. Les résultats obtenus, calculés sur les 25 zones de notre découpage, sont les suivants :

3.4.1 La construction de la table Zones_Em à partir de l'EMD de Dijon

3.4.1.1 Les incertitudes quant au calcul des flux

Dans la table Déplacement, les calculs pratiqués sur la variable COEP1 (poids du déplacement) ne fournissent pas les mêmes résultats que ceux qui ont été fournis par Erwan Ségalou. Les écarts sont exprimés dans le tableau suivant :

ZONE_EM	HA_ORI table Zones21	COEP1	Ecart
1	19826	19003	0,96
2	2207	2115	0,96
3	1862	1785	0,96
4	1366	1309	0,96
5	1706	1635	0,96
6	2117	2071	0,98
7	2042	1842	0,90
8	1926	1879	0,98
9	1192	1163	0,98
10	2496	2483	0,99
11	912	907	0,99
12	2006	1998	1,00
13	1755	1749	1,00
14	1993	1979	0,99
15	5904	5298	0,90
16	1630	1447	0,89
17	9706	8794	0,91

ZONE_EM	HA_ORI table Zones21	COEP1	Ecart
18	1467	1360	0,93
19	295	272	0,92
20	1689	1533	0,91
21	7313	6822	0,93
23	1564	1492	0,95
24	1844	1827	0,99
25	541	508	0,94
26	3684	3609	0,98
	79043	**74879**	

Tableau 4

Les valeurs que nous obtenons sont systématiquement inférieures à celles fournies par E.Segalou Même en re-ventilant les blancs, nos résultats totaux restent inférieurs alors que zone à zone les écarts ne sont plus systématiquement dans le même sens.

3.4.1.2 Le calcul des navettes

Le calcul des navettes se fait par étapes :

- En premier lieu, j'identifie tous les déplacements dont le motif à l'origine est Achat. Je les signale dans une variable booléenne FloHaOri que je passe a « Vrai ».
- Ensuite nous identifions parmi ces déplacements ceux dont le motif à la destination est Domicile. (variable booléenne FloHa>Domi).
- En troisième lieu, nous repèrons les déplacements qui font du Achat -> Achat (variable FloHa>Ha).
- Enfin, nous recherchons tous les déplacements qui font du Domicile -> Achat (variable FloDomi>Ha).

Avec ce calcul nous constatons que les navettes multiples représentent 11% du nombre total de navettes, et 1,3% du nombre total de déplacements. E.Segalou avait choisi de ne pas prendre en compte ces navettes multiples. Il indique « *De telles navettes, notamment lorsqu'elles sont réalisées en voiture, sont relativement marginales. Aussi, pour des raisons de simplicité, nous ne prenons en compte ici que les navettes simples* ». Dans la mesure où le programme nous permet d'identifier facilement les navettes, qu'elles soient simples ou multiples, nous les conservons dans l'analyse.

3.4.1.3 La programmation du module Achats de Freturb

Avec l'introduction des nouveaux traitements proposés par Erwan, le module Achat est plus complexe. C'est pourquoi, il convient d'en simplifier la version précédente de manière à pouvoir ajouter les nouveaux traitements tout en préservant la lisibilité du fonctionnement de ce module.

Toutes les requêtes du module sont supprimées et remplacées par des procédures. En effet, la version précédente multipliait les requêtes qui opéraient des calcules analogues sur des variables ou des tables différentes. Pour gagner en simplicité, nous utilisons désormais des procédures qui sont appelées sur chacune des variables ou des tables concernées.

Les procédures créées sont les suivantes :

- calcEmpTot : procédure qui calcule l'emploi total par zone (zone Enquête-Ménages ou zone TMV) et selon le type de commerce (Grande Surface : GS ou Très Grande Surface :TGS),

- calcNbetabCom : procédure qui calcule le nombre d'établissements commerciaux autres que GS ou TGS selon la zone TMV ou EM. Cette procédure est aussi appelée pour calculer le nombre d'établissements GS ou TGS des zones TMV et EM.
- LogDistance : procédure qui convertit la distance de la zone au centre de l'agglomération (DISTZONECENTRE) en son logarithme. Ces calculs sont opérés sur les zones EM et TMV
- PrésenceTGS : procédure qui identifie la présence ou l'absence de TGS dans la zone, selon le type de zone.
- CalcDensActi :Procédure qui calcule la densité d'établissements selon la zone EM ou TMV.

Le module Achats de l'application de simulation est lui aussi modifié en conséquence.

3.4.2 . Estimation des marges de la matrice OD

A partir des variables contenues dans les tables tblHA_Zones_EM et tblHA_Zones_TMV, le fichier Regression.xls est modifié afin qu'il réalise les traitements nécessaires au nouveau module Achats. Ces modifications concernent la préparation du fichier (création des feuilles de calcul utilisées par les regressions, programmation des différentes régressions, constitution de la matrice OD).

3.4.2.1 L'émission

a) L'émission par les lieux d'achats des flux d'achat réalisés en VP

- L'estimation de l'émission par les lieux d'achats des flux d'achat tous modes fournit le résultat suivant :

  $$HAORI_{zo} = 0{,}0502 * Population_{zo} + 6{,}9564 * EmploiGS_{zo} + 6{,}3135 * EmploiTGS_{zo} + 18{,}5034 * NbAutrEtab_{zo}$$

  Le R², d'une valeur de **0,9282** est très satisfaisant.

- L'estimation de la part de la VP dans ces déplacements d'achat émis par les commerces est obtenue par l'équation suivante :

  $$PART_HAVP_{zo} = -1{,}0613 + 0{,}4031 * TxMotor_{zo} + 0{,}1269 * \log(DistZoneCentre_{zo}) + 0{,}1632 * ET_TGS_{zo}$$

  Le R² est de **0,7977**. Ainsi :

  $$HAORIVP_{zo} = HAORI_{zo} * PART_HAVP_{zo}$$

b) L'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

La fonction estimée est la suivante :

$$DomiHaVPnavOri_{zo} = 0{,}0371 * Population_{zo} + 217{,}4190 * TxMotor_{zo}$$

La qualité de la régression est toutefois assez mauvaise puisque le R² s'élève seulement à **0,3214**. En intégrant une constante dans cette régression on obtient un meilleur résultat :

$$DomiHaVPnavOri_{zo} = -880{,}5016 + 0{,}0631 * Population_{zo} + 748{,}0529 * TxMotor_{zo}$$

R² = **0,5219**

3.4.2.2 L'attraction

a) L'attraction des flux d'achat réalisés en VP

La relation est la suivante :

$$HAoriVPtsmotifs_{zd} = 38{,}9382 + 0{,}1370 * Population_{zd} - 0{,}3038 * DENSACTI_{zd}$$

Le R^2 est de **0,6120**.

b) L'attraction des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

L'équation obtenue en utilisant $DomiHaVPnavOri_{zo}$ calculé sans la constante, est :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -795{,}4387 + 1{,}4416 * DomiHaVPnavOri_{zo} + 199{,}2599 * NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8703**.

Si au contraire on détermine cette équation en utilisant $DomiHaVPnavOri_{zo}$ calculé avec une constante, on obtient :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -394{,}3425 + 0{,}7877 * DomiHaVPnavOri_{zo} + 200{,}1446 * NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8707**. Il est comparable à celui obtenu lorsque l'on applique l'autre option, en revanche le gain apporté par l'ajout d'une constante à la fonction $DomiHaVPnavOri_{zo}$ est tel qu'il nous semble pertinent de conserver cette dernière équation.

Remarques importantes :

Pour plusieurs régressions (DomiHAVPnavOri, HaoriVPtsmotifs, DomiHaVPnavDest) E. Segalou indique que le calibrage de la fonction devrait théoriquement se faire sur l'ensemble des zones du découpage retenu, mais qu'en pratique la fonction ne sera calibrée que sur les zones présentant un nombre brut d'observations des déplacements statistiquement représentatif.

Pour DomiHAVPnavOri, la zone comportant le moins de flux en compte 118, ce qui semble suffisant pour être statistiquement représentatif. On peut donc travailler sur toutes les zones.

Pour HaoriVPtsmotifs, la zone comportant le moins de flux en compte 488, ce qui semble suffisant pour être statistiquement représentatif. On peut donc travailler sur toutes les zones.

Pour DomiHaVPnavDest, plusieurs zones comportent peu de flux. Ainsi l'une en compte 0, une autre 23, une troisième 28 et une quatrième 31, une cinquième 32. On passe ensuite à 61. Nous n'avons conservé que celles dont les flux sont > 50. En retenant cette valeur, 5 zones sont écartées du calcul de la régression, il s'agit des zones : 2, 4, 9, 14 et 25.

La régression obtenue sur les 20 zones restantes donne l'équation suivante :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -398{,}5240 + 0{,}7992 * DomiHaVPnavOri_{zo} + 198{,}2224 * NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8691**.

Le **seuil de 50 déplacements** est retenu pour chacune des régressions calculées.

L'application de l'équation occasionne des valeurs négatives en particulier dans les zones n'ayant pas d'offre commerciale de type GS ou TGS. Ces valeurs négatives sont portées à 0, ce qui fait que le modèle va légèrement surestimer les flux.

A l'issue de ces calculs les matrices d'émissions et d'attractions de déplacements d'achats et trajets amont des navettes se présente ainsi :

ZoneEM	HA_ORI	3.4.2.2.1.1.1 PartVP	HAORIVP	DomiHaVPnavOri
1	18863,28	0,17	3380,99	552,24
2	1316,64	0,11	145,99	206,34
3	2654,23	0,17	457,71	198,03
4	2709,57	0,21	582,62	466,58
5	1291,55	0,30	396,86	444,71
6	1848,22	0,30	559,69	837,14
7	2560,21	0,29	747,47	767,91
8	1298,92	0,25	334,66	268,09
9	1635,89	0,36	591,57	385,37
10	2089,50	0,33	707,11	383,72
11	1364,33	0,34	467,43	595,43
12	1440,23	0,41	590,96	494,72
13	1664,24	0,49	826,40	886,83
14	1679,69	0,38	653,18	555,69
15	5976,81	0,63	3821,98	979,17
16	1119,33	0,60	679,06	546,49
17	8756,69	0,70	6216,33	706,00
18	1360,24	0,67	921,96	839,19
19	506,57	0,71	362,17	586,52
20	1593,26	0,50	804,14	631,68
21	6166,88	0,59	3663,43	1069,72
23	1150,98	0,48	555,82	437,80
24	1270,29	0,53	685,10	563,24
25	1239,27	0,66	822,30	567,53
26	3264,40	0,66	2179,06	721,77
Total			**31154,10**	**14692,07**

Tableau 5 : Emissions

ZoneEM	HAoriVPtsmotifsZd	DomiHaVPnavDest
1	1298,95	1441,68
2	482,06	0,00
3	589,49	0,00
4	1303,51	173,34
5	1016,05	0,00
6	1942,09	265,09
7	1805,24	410,70
8	1200,73	16,98
9	1111,79	109,37
10	1316,80	308,22
11	1403,21	74,69
12	1060,11	0,00
13	1691,40	704,52
14	1541,97	243,53
15	2002,27	1377,69
16	765,79	436,43
17	1401,88	4364,83
18	1387,77	466,85
19	594,04	267,82
20	1234,55	503,54
21	2476,79	2249,59
23	719,53	350,81

24	1025,92	449,63
25	726,63	653,15
26	1283,24	974,79
Total	**31381,82**	**15843,23**

Tableau 6 : Attractions

3.4.3 La correction des marges de la matrice

Le calcul des coefficients de correction des marges donne le résultat suivant :

γ = **1,0073**

δ = **0,9273**

Les marges de la matrice sont donc les suivantes :

ZoneEM	HA_ORI	PartVP	HAORIVP	DomiHaVPnavOri	Origines	HAoriVPtsmotifsZd	DomiHaVPnavDest	Destinations
1	18863,29	0,18	3381,00	552,25	**3957,96**	1298,95	1441,68	**2635,89**
2	1316,64	0,11	146,00	206,34	**353,41**	482,05	0,00	**482,06**
3	2654,24	0,17	457,72	198,04	**659,10**	589,48	0,00	**589,49**
4	2709,58	0,22	582,62	466,59	**1053,47**	1303,50	173,34	**1464,25**
5	1291,55	0,31	396,86	444,72	**844,48**	1016,05	0,00	**1016,05**
6	1848,22	0,30	559,70	837,15	**1400,93**	1942,08	265,09	**2187,92**
7	2560,21	0,29	747,47	767,92	**1520,85**	1805,24	410,70	**2186,10**
8	1298,92	0,26	334,66	268,09	**605,20**	1200,73	16,98	**1216,48**
9	1635,90	0,36	591,58	385,37	**981,27**	1111,78	109,37	**1213,21**
10	2089,50	0,34	707,11	383,73	**1096,01**	1316,80	308,22	**1602,63**
11	1364,33	0,34	467,43	595,44	**1066,29**	1403,21	74,69	**1472,48**
12	1440,23	0,41	590,96	494,73	**1090,01**	1060,10	0,00	**1060,11**
13	1664,24	0,50	826,41	886,83	**1719,28**	1691,39	704,52	**2344,72**
14	1679,69	0,39	653,18	555,69	**1213,65**	1541,96	243,53	**1767,80**
15	5976,82	0,64	3821,98	979,18	**4829,09**	2002,27	1377,69	**3279,86**
16	1119,34	0,61	679,07	546,50	**1230,52**	765,79	436,43	**1170,51**
17	8756,69	0,71	6216,34	706,01	**6967,78**	1401,88	4364,83	**5449,56**
18	1360,24	0,68	921,96	839,20	**1767,90**	1387,76	466,85	**1820,69**
19	506,58	0,71	362,17	586,53	**951,35**	594,03	267,82	**842,40**
20	1593,26	0,50	804,14	631,69	**1441,71**	1234,55	503,54	**1701,50**
21	6166,88	0,59	3663,44	1069,72	**4759,94**	2476,78	2249,59	**4562,93**
23	1150,98	0,48	555,82	437,81	**997,69**	719,53	350,81	**1044,85**
24	1270,29	0,54	685,11	563,25	**1253,36**	1025,91	449,63	**1442,87**
25	1239,27	0,66	822,31	567,54	**1395,85**	726,63	653,15	**1332,32**
26	3264,40	0,67	2179,07	721,77	**2916,77**	1283,23	974,79	**2187,20**

Tableau 7

3.4.3.1 Le calcul du distancier

Pour pouvoir poursuivre les calculs du module Achats, nous avons besoin de disposer d'une matrice indiquant les distances-temps Origine / Destination de zone à zone.

Modifications apportées à la carte pour affiner le calcul du distancier

Le réseau dont je dispose est assez grossier. En conséquence, les distances d'accroche sur le réseau à retenir doivent être très longues (900 mètres) ce qui réduit la fiabilité des résultats.

Afin de pouvoir réduire les distances d'accroche sur le réseau, je transforme un peu la carte de manière à scinder les linéaires trop longs et permettre une accroche la plus proche possible du linéaire (et non à ses extrémités).

Je déplace également les barycentres de certaines de mes zones les plus étendues afin de gagner encore en distance d'accroche. Grâce à ces manipulations, j'abaisse la distance d'accroche à 400 mètres.

J'extrais ainsi 2 distanciers, l'un exprimé en temps de déplacement (en minutes) et l'autre en mètres.

Le distancier exprimé en temps de déplacements

D > ∨ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26
1		2	2	1	2	2	3	4	3	5	3	4	6	9	5	6	7	11	10	6	5	4	8	9	4
2	2		2	3	2	1	2	3	4	6	4	5	6	9	5	6	9	12	11	7	5	3	7	8	3
3	2	2		2	4	3	2	2	3	5	3	6	7	10	4	5	7	11	10	6	6	5	8	10	5
4	1	3	2		2	4	3	3	2	4	2	4	6	10	5	6	7	11	9	5	5	6	9	11	6
5	2	2	3	2		3	4	5	4	6	3	3	4	8	6	8	9	12	10	6	4	4	7	9	5
6	3	1	3	4	2		3	5	5	7	4	5	6	8	6	7	10	13	12	8	6	2	6	7	3
7	3	2	2	3	4	3		2	4	6	5	6	7	10	3	5	9	12	11	7	7	5	8	9	3
8	4	3	2	3	5	5	2		2	5	5	7	9	12	3	4	7	10	10	8	8	7	9	11	5
9	3	4	3	2	4	5	4	2		3	4	6	8	12	5	5	5	9	9	6	7	7	10	12	7
10	5	6	5	4	6	7	6	5	3		5	7	9	13	7	5	5	8	5	4	8	9	12	14	9
11	3	4	4	2	3	5	5	5	4	5		4	6	10	7	8	9	12	10	5	4	6	9	12	7
12	4	4	6	4	3	4	6	7	6	7	4		4	9	9	10	11	14	12	7	3	5	8	10	7
13	6	5	7	6	4	5	7	8	8	9	6	4		10	10	11	12	16	14	10	5	6	9	11	8
14	5	5	6	6	4	4	7	8	8	9	6	4	5		9	11	12	16	14	10	6	5	8	10	7
15	5	4	4	5	6	6	3	3	5	8	7	9	10	12		6	10	13	13	9	10	7	9	11	4
16	6	6	5	6	8	8	5	4	5	7	8	10	11	14	6		5	9	11	10	11	9	13	14	8
17	7	9	7	7	9	10	8	7	5	6	9	11	12	16	10	5		5	8	9	12	12	15	17	11
18	11	12	11	10	12	13	12	11	9	9	12	14	16	20	13	9	5		8	12	15	15	19	20	15
19	10	11	10	9	10	12	11	10	8	5	10	12	14	18	13	11	8	8		8	13	14	17	19	14
20	6	7	6	5	6	8	7	8	6	4	5	7	10	14	9	9	9	12	8		7	10	13	15	10
21	5	5	7	5	4	6	7	8	7	8	4	3	5	11	10	11	12	15	13	7		7	10	12	8
23	5	3	5	6	4	2	5	7	7	9	6	6	7	7	7	9	12	15	14	10	8		5	6	4
24	8	7	8	9	7	6	8	9	10	12	9	8	9	4	9	13	15	19	17	13	10	5		4	6
25	9	8	10	11	9	7	9	11	12	14	11	11	12	10	11	14	17	20	19	15	13	6	4		7
26	5	3	4	6	4	3	3	5	7	9	6	7	8	8	4	8	11	15	14	10	8	4	6	7	

Tableau 8 : Distancier issu de géoconcept et exprimé en minutes

Les temps de parcours qui sont indiqués ici, et qui ont été calculés sur la base d'une vitesse moyenne de 50 km/heure sont étonnamment courts. Ils n' incluent probablement pas les temps d'arrêts. En outre, les temps de déplacement au sein d'une même zone ne sont pas indiqués. Sur quelle base les calculer ?

Un traitement de l'enquête ménages déplacements (EMD) est effectué afin de connaître les temps de parcours VP de zone à zone, tous motifs de déplacements confondus.

D > ∨ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26
1	13	14	14	12	15	17	15	16	16	23	11	14	18	16	12	14	18	23	18	17	20	17	21	17	16
2	17	10	10	20	14	10	15	13	17	32	16	10	17	10	18	17	26	21	28	17	18	11	16	15	12
3	17	13	9	13	16	15	12	13	7	13	11	16	13	21	15	13	15	25	21	21	22	13	17	50	22
4	10	13	13	21	13	19	19	13	13	13	10	14	12	43	15	18	15	21	14	13	17	16	23	16	15
5	13	5	37	9	6	17	21	18	19	15	14	9	12	9	19	21	28	27	18	24	15	18	20	16	15
6	14	8	9	19	16	14	12	16	18	17	15	16	27	31	11	16	21	23	**120**	24	16	11	15	15	22
7	15	12	13	16	16	10	9	11	19	21	18	19	14	18	12	13	21	21	15	17	21	13	10	16	8
8	15	12	14	13	20	21	9	6	8	15	11	18	10	15	8	7	23	10	12	16	17	16	20	16	13
9	11	19	9	11	17	15	30	11	8	9	10	15	25	22	13	12	11	19	25	37	19	17	18	***28***	19
10	18	18	29	13	17	21	21	11	10	10	15	14	18	15	17	9	18	13	14	11	27	19	30	21	22
11	14	18	14	10	11	14	18	10	7	11	6	11	16	21	25	14	16	23	20	10	21	15	15	21	18
12	17	17	15	15	6	18	39	23	17	11	14	11	9	10	19	20	29	***40***	30	13	23	16	21	19	17
13	15	14	19	18	9	14	20	5	23	13	17	8	6	6	15	19	26	***23***	***15***	16	15	12	21	15	14
14	15	25	30	18	9	19	14	15	22	20	21	15	7	7	14	23	36	***20***	-	20	32	-	10	30	14
15	12	13	18	29	23	10	12	10	12	13	23	17	21	13	9	18	17	15	53	18	17	14	16	12	14
16	16	17	11	20	17	14	14	9	8	13	14	25	16	28	16	7	12	15	14	17	13	18	27	26	19
17	20	24	15	14	26	24	13	22	11	16	16	27	21	30	17	18	6	11	9	14	22	30	19	19	22
18	34	22	15	15	25	23	40	13	21	12	24	40	23	20	15	13	9	7	10	16	25	-	***60***	39	18
19	21	20	41	13	19	**120**	15	18	17	14	***20***	15	15	-	16	14	9	10	5	12	15	20	-	-	-
20	20	18	21	15	17	22	20	21	17	11	15	13	10	38	18	22	17	14	13	10	13	21	26	23	18
21	18	22	20	19	12	19	20	23	23	18	14	13	17	45	22	18	23	23	13	13	9	20	15	16	19
23	15	11	27	10	14	12	15	15	13	13	10	13	14	-	14	25	***60***	-	20	22	18	10	7	12	8
24	21	14	16	30	18	13	18	17	19	30	19	18	11	10	17	16	22	***60***	-	22	17	5	7	12	9
25	17	11	47	18	19	16	11	15	28	21	24	68	15	30	12	29	17	23	-	23	14	10	9	15	8
26	16	17	26	18	18	12	8	14	16	21	17	21	19	18	10	16	19	24	-	16	19	9	9	9	6

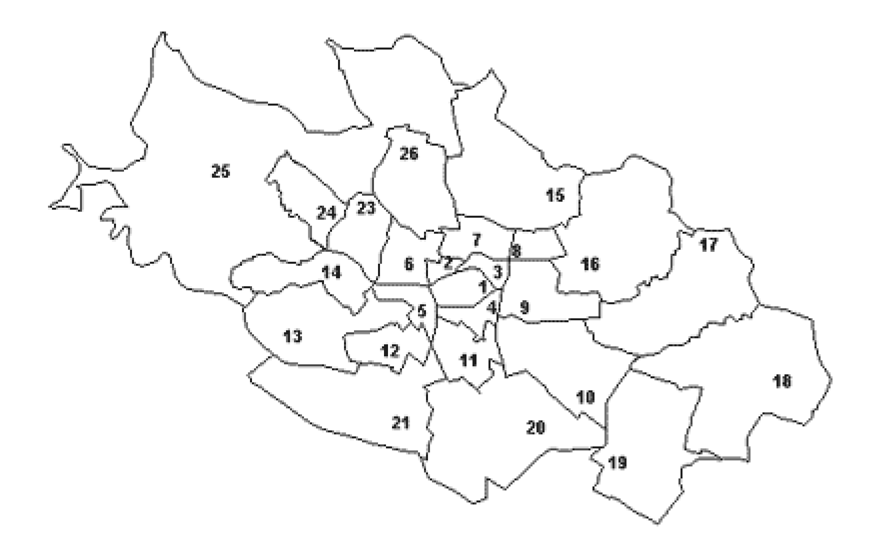
Tableau 9 : Distancier issu de l'EMD et exprimé en minutes

L'intérêt d'utiliser l'EMD pour calculer les distances de déplacement, est qu'elle fourni les distances de déplacement internes à la zone, ce que ne fait pas Géoconcept. En outre, les durées calculées ici semblent plus réalistes que celles fournies par Géoconcept, mais des valeurs surprenantes persistent : 120 minutes entre les zones 6 et 19 mais ces valeurs concernent seulement 1 déplacement dans un sens et 1 déplacement dans l'autre sens. Je décide donc de bloquer ces durées à **60** minutes maximum.

En outre, certains trajets ne sont pas représentés dans l'EMD, ainsi il n'y a pas de flux réalisé en VP entre la zone 12 et la zone 18. Une partie des valeurs manquantes peut néanmoins être recalculée en posant comme hypothèse que le temps de trajet de la zone i à la zone j est égal au temps de trajet de j à i. En remplaçant les valeurs manquantes sur la base de cette hypothèse (chiffres en gras et italique) il ne me reste plus que quelques paires de durée inconnue : (14 ;19), (14 ;23), (18 ;23), (19 ;24), (19 ;25), (19 ;26).

Une valeur, déterminée en observant les temps de déplacements calculés sur des zones proches de l'origine ou de la destination leur est affectée.

Les zones Enquête-Ménage de Dijon



3.4.3.2 Le distancier exprimé en km

Le problème posé par l'utilisation du distancier calculé en durée de déplacement est que les durées inter-zones ne sont pas toujours identifiables dans la mesure ou certaines relations n'ont pas été enquêtées dans les EMD. Ce problème, déjà soulevé pour une dizaine de paires à l'échelle du zonage de l'EMD, sera encore plus aigu lorsqu'il s'agira de calculer le distancier sur les zones TMV puisque ces zones sont de taille plus réduite. Or l'utilité du calcul du distancier sur les zones EM est de permettre, via une régression linéaire, de produire une fonction indiquant les volumes d'échanges d'une zone à l'autre compte tenu notamment de la distance séparant les zones. Cette fonction calée sur le découpage EM sera ensuite appliquée au découpage TMV.

Les chiffres correspondant aux distances internes à une zone ont été calculés en appliquant la formule suivante :

$$\frac{1}{2}\sqrt{\text{Superficie de la zone}}$$

3.4.4 Le calcul de la distribution des déplacements VP réalisés pour l'achat, d'une zone à l'autre

En appliquant les formules présentés plus haut on obtient les résultats suivants :

Avec la formule du type : $T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * \exp(-\alpha d_{zozd})$

3.4.4.1 La régression sur les distances km

les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-5,6447) soit 0,00353

β = 0,6874

χ = 0,7862

α = - 0,1780

Le R² est très faible : 0,4155

3.4.4.2 La régression sur les distances temps

les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-3,2589) soit 0,0384

β = 0,53

χ = 0,6074

α = - 0,0451

Le R^2 est encore plus faible qu'avec les distances km : 0,2888

Avec la formule du type : $T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$

3.4.4.3 régression sur les distances km

Les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-9,4286) soit 0,00008

α = - 0,2162

Le R^2 est encore plus faible : 0,3913

3.4.4.4 régression sur les distances temps

Les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-9,5412) soit 0,00007

α = - 0,0589

Le R^2 est encore plus faible : 0,1696

Avec une formule gravitaire classique : $T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * d_{zozd}^{-\alpha}$

3.4.4.5 régression sur les distances km

Les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-5,4030) soit 0,0045

β = 0,6803

χ = 0,7780

α = - 0,7219

Le R^2 demeure très faible : 0,4127

3.4.4.6 Régression sur les distances temps

Les coefficients sont les suivants :

K = exponentielle (-1,9923) soit 0,1363

β = 0,5682

χ = 0,6390

α = - 0,9357

Le R^2 demeure très faible : 0,3290

4 distribution zone à zone des flux de véhicules de livraison

La distribution des flux générés par chaque zone consiste à répartir ces flux d'une zone à l'autre. C'est un passage obligé si l'on souhaite ensuite affecter les flux dans l'espace ou sur un réseau, notamment pour alimenter les logiciels de trafic usuels. La procédure utilisée pour passer de la génération des flux à leur distribution est la suivante :

La distribution des flux est l'opération qui consiste à passer des flux générés par les zones, à des flux échangés entre deux zones identifiées. Le volume de flux qui s'échange d'une zone à l'autre dépend de plusieurs facteurs et en particulier :

- des caractéristiques de ces flux,
- de l'éloignement entre les deux zones d'échange,
- des caractéristiques des zones.

Le logiciel Freturb propose depuis sa version 1, un module (module 3) qui indique pour chacune des zones d'une agglomération, les distances générées par ces zones au sein de l'agglomération. La procédure de distribution des flux a dès lors été soumise à une contrainte forte, celle de produire des flux Origne – Destination dont les longueurs soient cohérentes avec celles exprimées par le module 3 de Freturb. Ceci justifie que l'on ait conservé dans le module de distribution, la typologie des distances établie à l'occasion du module 3 de Freturb. Cette typologie est établie sur la base des caractéristiques des flux, à partir des résultats des enquêtes nationales Marchandises en Ville.

La procédure de distribution doit confronter les fonctions de distance ainsi établies aux distances de zones à zones. Cette comparaison suppose qu'un module de calcul d'itinéraire permettant la construction d'un distancier soit proposé par Freturb. Enfin, sur la base de cette typologie des distances et de ce distancier, les caractéristiques des zones sont introduites (en termes d'opérations générées, et de répartition des différentes activités) pour permettre de réaliser la distribution.

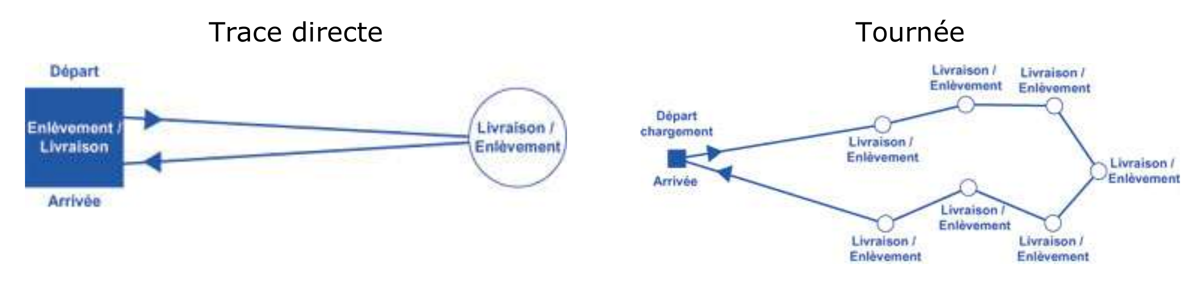
4.1 Rappel de la typologie en 25 groupes établie dans le module 3 de Freturb

4.1.1 Les variables utilisées

Le critère le plus discriminant pour réaliser cette typologie a tout d'abord été le type d'opération :trace directe ou tournée, en distinguant parmi ces dernières les opérations principales des opérations ordinaires.

Figure 1 : les différents types d'opérations

Trace directe Tournée



Une trace directe est un parcours constitué de deux opérations : un chargement et un déchargement. La tournée concerne quant à elle les parcours composés de plus de deux

opérations. Au sein de cette tournée on appelle Principales les opérations où le camion est complètement chargé (ou déchargé), les autres étant appelées Ordinaires. Il y a généralement deux principales par parcours et leur distance est plus longue que celle qui sépare deux opérations ordinaires. Sur la figure ci-dessus, les principales sont représentées sous la forme d'un carré bleu, tandis que les ordinaires sont signalées par un cercle.

Les autres critères utilisés dans la typologie sont :

- le type de véhicule, ventilé en trois catégories : moins de 3.5 tonnes, camion porteur ou véhicule articulé ;
- le mode de gestion de l'opération, en trois groupes : compte d'autrui, compte propre réalisé par l'expéditeur, compte propre réalisé par le destinataire ;
- pour les principales, on utilise aussi le type d'activité générateur de l'opération que l'on regroupe en deux classes :
  - les activités dites « de base » : agriculture, industrie, commerce de gros et transport,
  - les activités « d'appoint » : artisanat – service, grands magasins, petit commerce et tertiaire ;
- enfin pour les ordinaires, la densité d'opération de la zone génératrice est utilisée selon une séparation en 3 groupes (zones de densité inférieure à 1000 opérations par semaine et par km², zones de densité comprise entre 1000 et 5000 opérations par semaine et par km², zones de densité supérieure ou égale à 5000 opérations par semaine et par km²).

La taille de la tournée, exprimée en six classes d'arrêts (de 3 à 9, de 10 à 19, de 20 à 29, de 30 à 39, de 40 à 54, 55 arrêts et plus), n'est pas utilisée pour constituer les groupes de la typologie. En revanche elle intervient pour déterminer s'il convient de bloquer ou non les fonctions de distance.

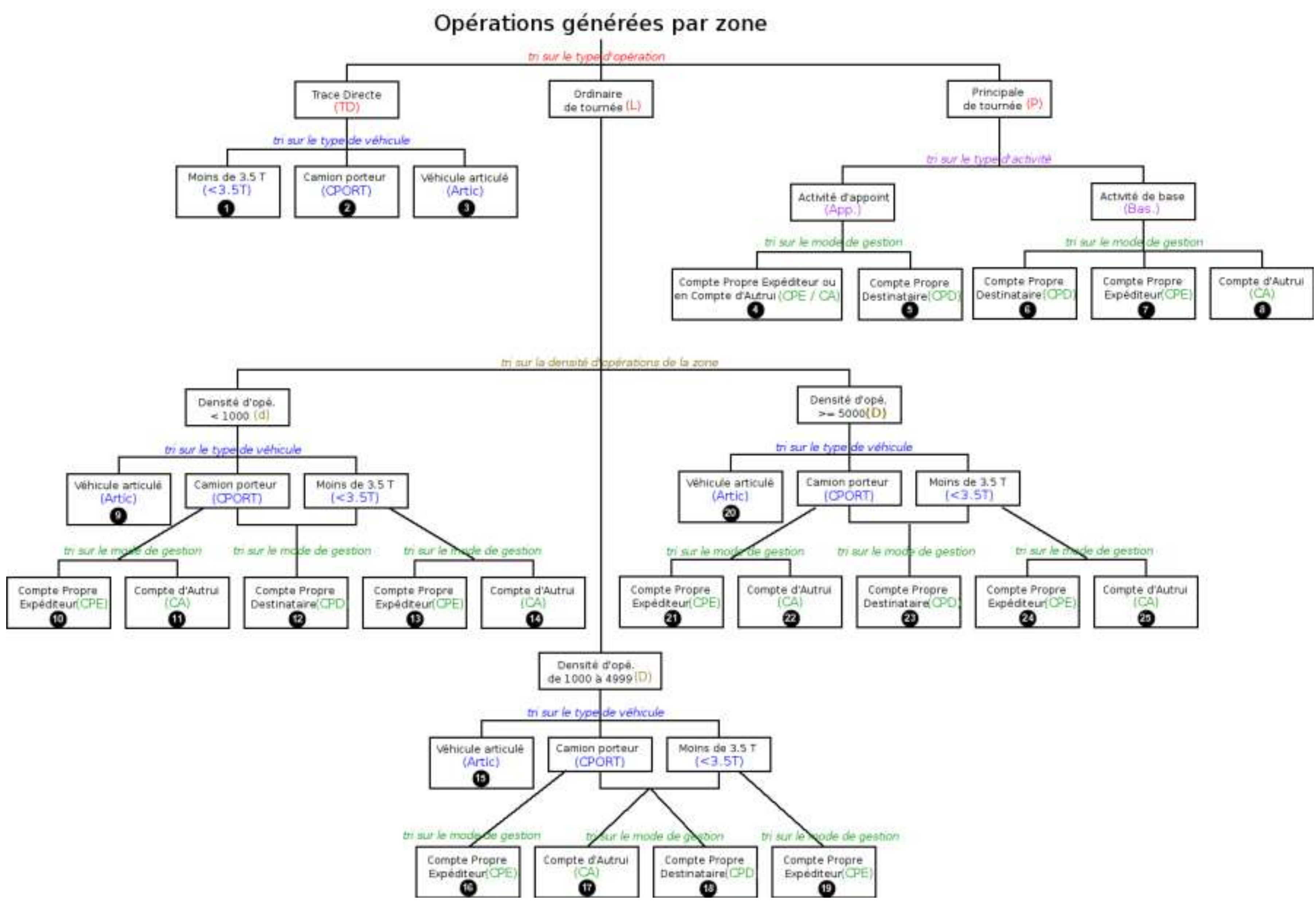
4.1.2 Présentation de la typologie

Cette typologie est réalisée au module 3 de Freturb en utilisant les résultats de la table de zonage et de la table tblNgvZ qui indique les flux générés par chacune des zones de l'agglomération, en les ventilant selon les caractéristiques citées.

- **1** (TD3.5T) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **2** (TDCPORT) : Opérations réalisées en Trace Directe par des camions porteurs
- **3** (TDArtic) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules articulés
- **4** (PAppCPECA) : Principales de tournées réalisées pour des activités d'appoint en Compte Propre Expéditeur ou en Compte d'Autrui
- **5** (PAppCPD) : Principales de tournées réalisées pour des activités d'appoint en Compte Propre Destinataire
- **6** (PBasCPD) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte Propre Destinataire
- **7** (PBasCPE) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte Propre Expéditeur
- **8** (PBasCA) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte d'Autrui

- **9** (LdArtic) :Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en véhicules articulés
- **10** (LdCPORTCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **11** (LdCPORTCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs
- **12** (LdCPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **13** (Ld3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **14** (Ld3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte d'Autrui par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **15** (LDArtic) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en véhicules articulés
- **16** (LDCPORTCPE) : : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **17** (LDCPORT3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **18** (LDCPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **19** (LD3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **20** (L**D**Artic) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en véhicules articulés
- **21** (L**D**CPORTCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **22** (L**D**CPORTCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs
- **23** (L**D**CPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **24** (L**D**3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **25** (L**D**3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des véhicules de moins de 3.5 tonnes

Figure 2 : La typologie en 25 groupes des fonctions de distance utilisées au module 3 de Freturb :



4.1.3 Les fonctions de distance

Ces fonctions sont fournies en *annexe 1*.

4.2 L'élaboration d'un distancier

Depuis près de cinq ans que le logiciel Freturb est diffusé, nous avons constaté que dans l'ensemble, ses utilisateurs ne disposent généralement pas d'un SIG. En conséquence, ils ne peuvent fournir une table de distances et d'itinéraires entre les zones ce qui impose que ce distancier soit construit par le logiciel Freturb.

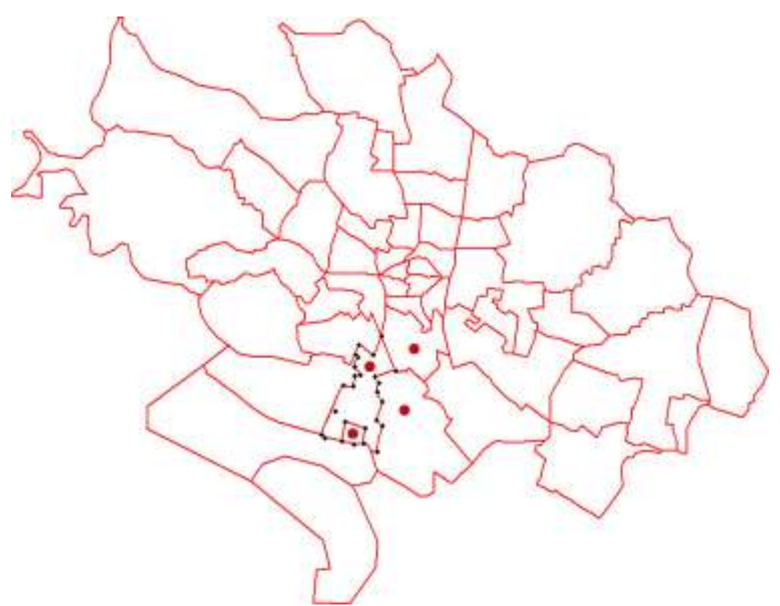
Ce distancier est réalisé en trois étapes :

- le calcul des distances,
- le calcul des vitesses,
- le choix d'itinéraire.

4.2.1 Le calcul des distances

Pour permettre le calcul des distances l'utilisateur devra fournir, en plus de la table de zonage et de la table SIRENE, une table indiquant les coordonnées :

- des points délimitant les zones
- et du barycentre de la zone.



En noir : points délimitant la zone. En rouge : barycentre de la zone.

Figure 1 : Les coordonnées des points caractérisant les zones (zonage de Dijon)

A partir de cette table, le logiciel pourra déterminer quelles zones sont contiguës. On considère que deux zones sont contiguës dès lors qu'elles ont un point en commun.

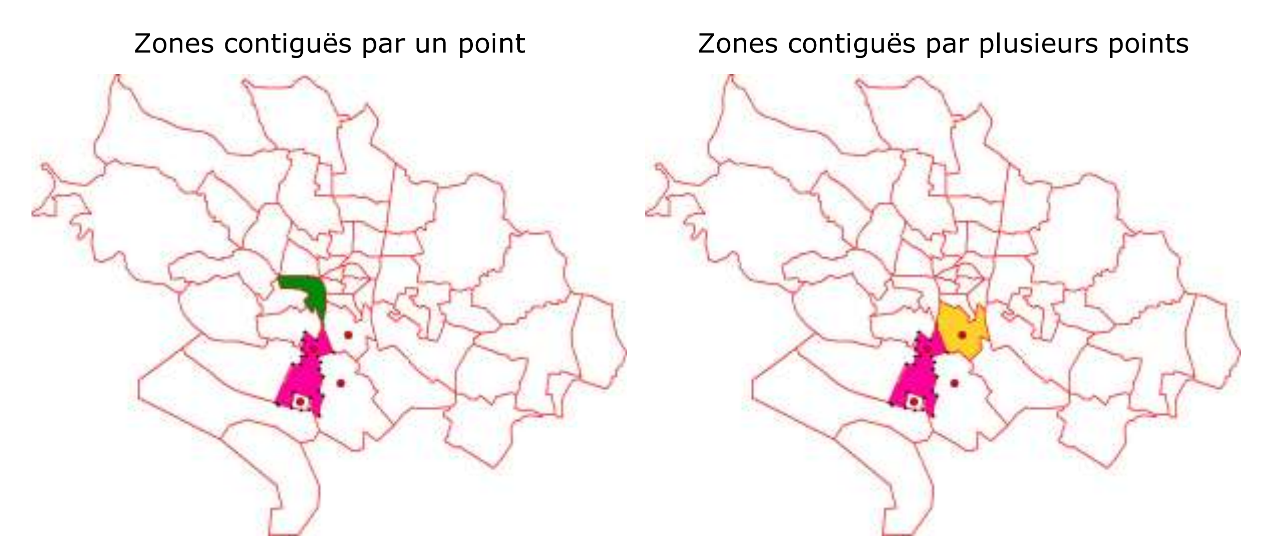


Figure 2 : Exemples de zones contiguës

La question s'est posée de savoir si la contiguïté nécessitait un ou plusieurs points de contact. En d'autres termes faut-il que les zones aient une frontière commune ou seulement un point en commun pour être contiguës ? Dans la mesure où les zonages sont couramment construits à partir des réseaux routiers, et dans la perspective de construire des itinéraires, nous avons considéré qu'un unique point de contact était suffisant pour affirmer que deux zones sont contiguës, car ce point bien qu'unique signale la présence d'une voie permettant de passer d'une zone à l'autre.

4.2.1.1 <u>L'estimation des distances entre deux zones contiguës</u>

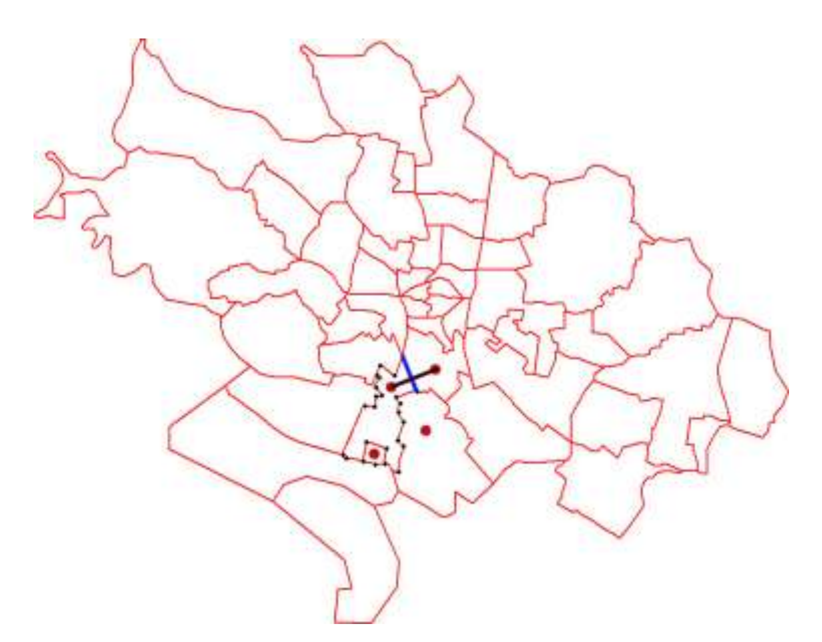


Figure 3 Distance entre deux zones

Elle est réalisée à partir de la distance à vol d'oiseau (dvo) calculée par le logiciel entre les barycentres des zones. On utilise ensuite la formule de l'INRETS pour aboutir à la distance réseau (dr) :

- Si dvo = 0 alors dr = 0
- Si dvo > 20 km alors dr = dvo * 1.1
- autres cas : dr = dvo * (1.1 +(0.3 * exp (-dvo / 20)))

4.2.1.2 L'estimation des distances internes à une zone

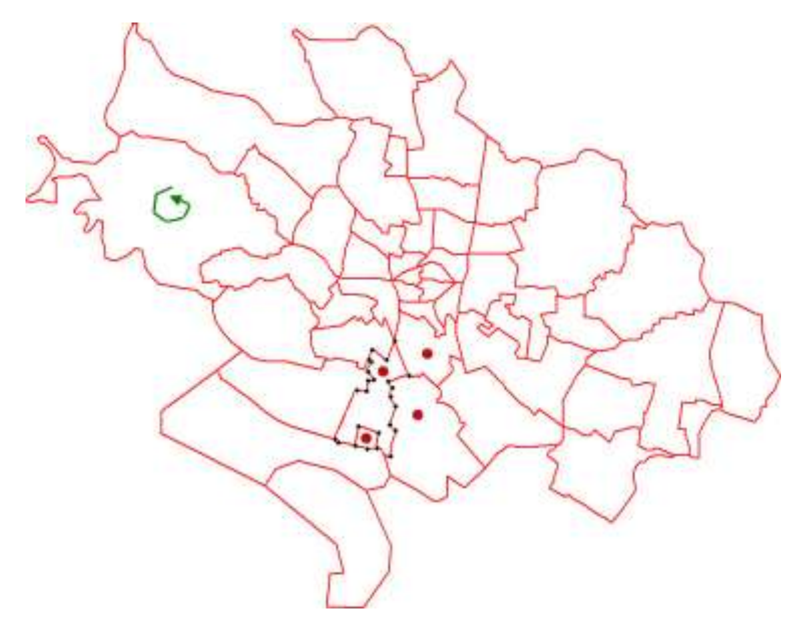


Figure 4 : Distance interne à une zone

Elles sont estimées suivant la formule proposée par J-P Nicolas, LET, qui lie la distance interne à la superficie de la zone :

Distance interne = 0.5 * √(superficie)

4.2.2 Le calcul des vitesses

Les vitesses doivent servir à convertir les distances exprimées en mètres en des distances exprimées en temps, ceci afin de permettre d'arbitrer entre plusieurs itinéraires possibles pour aller d'un point à un autre. Il n'est pas utile qu'elles soient parfaitement exactes puisqu'elles doivent uniquement servir à sélectionner l'usage d'un type de voie plutôt que d'un autre. Les vitesses en heures de pointe n'ont pas non plus été distinguées des vitesses en heures creuses, car cela aurait nécessité l'emploi d'un modèle de trafic. L'objectif de ce module étant simplement d'obtenir un calcul d'itinéraire relativement grossier, ne demandant à l'utilisateur que la saisie d'un nombre minimum d'informations, nous avons donc choisi de ne retenir que deux critères pour estimer ces vitesses :

- d'une part, la densité de la zone,
- d'autre part, le type de voirie emprunté.

4.2.2.1 Le rôle de la densité

On calcule pour chaque couple de zones contiguës un **indicateur de densité desservie** (IDD). Cet indicateur, qui reflète à la fois la densité de population et la densité d'activité, est déterminé ainsi :

$$\frac{((\text{Population}_{ori} + \text{Population}_{dest}) + (\text{Nb d'Opérations}_{ori} + \text{Nb d'Opérations}_{dest}))}{(\text{Superficie}_{ori} + \text{Superficie}_{dest})}$$

3 classes sont définies, on leur associe les vitesses suivantes (issues des enquêtes Marchandises en Ville) :

- IDD < 2000 : 30 km/h,
- 2000<= IDD < 8000 : 20 km/h,
- IDD>= 8000 : 10 km/h.

4.2.2.2 <u>Le rôle de la desserte routière</u>

La vitesse ainsi obtenue est ensuite modulée selon la qualité de la desserte entre les zones. Le logiciel demande à l'utilisateur de signaler, pour chaque couple de zones contiguës, le type de voie qui les relie. A chacun de ces types est affecté un coefficient multiplicateur de vitesse :

- voirie de desserte (activé par défaut) : vitesse * 1
- autoroute urbaine : vitesse * 2.5
- ou autre axe majeur : vitesse * 1.5

Lorsque plusieurs types de voies sont présents, on privilégie le type le plus rapide pour procéder au calcul des vitesses. Le coefficient affecté aux autoroutes urbaines est volontairement « gonflé » pour privilégier leur usage lorsqu'elles existent.

Ces vitesses corrigées sont alors utilisées pour calculer les distances – temps.

4.2.3 Le choix d'itinéraire

Il a été programmé en utilisant un algorithme de plus court chemin (Dijkstra) calculé à partir des distances - temps. Cet algorithme « glouton » construit l'itinéraire de manière incrémentale, en utilisant à chaque étape les itinéraires les plus courts déjà identifiés.

Déroulement de la procédure :

1. Choix d'une origine
2. Identification des zones contiguës à cette origine et de leur distance. La zone la plus proche de l'origine est sélectionnée (etape1)
3. Recalcul de toutes les destinations accessibles via cette étape1 et de leur distance :
    - si la distance est plus courte que le trajet direct, le trajet avec étape 1 est retenu
    - sinon le trajet direct est conservé.
4. Sélection de la deuxième zone la plus proche de l'origine (etape2) et recalcul de tous les itinéraires à partir de cette nouvelle étape.

… et ainsi de suite jusqu'à avoir épuisé toutes les O/D

En sortie on obtient une table qui indique pour chaque Origine - Destination :

- le nombre d'étapes nécessaires avec leur identification (une zone traversée = une étape)
- la longueur de chaque étape

Cette table permet de reconstituer la distance totale de chaque trajet O/D, c'est-à-dire de construire un distancier.

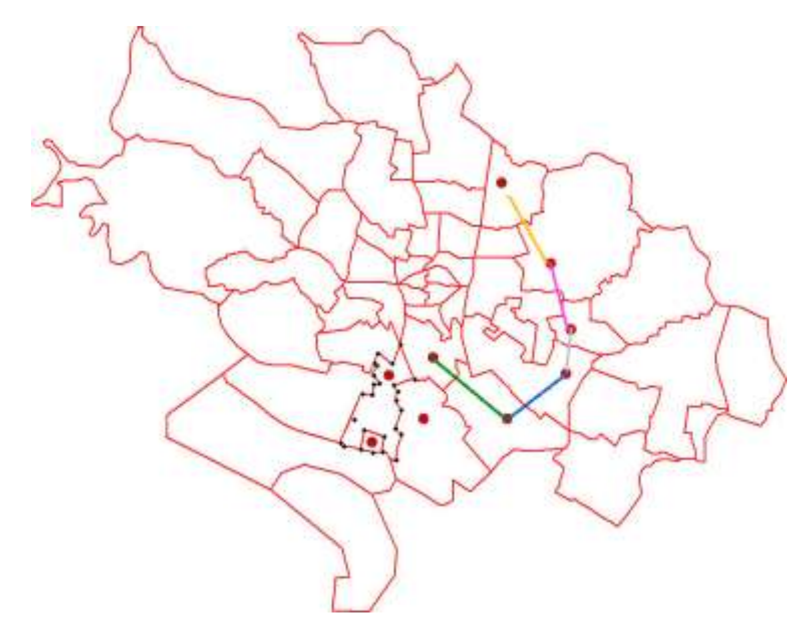


Figure 5 :La construction des itinéraires

4.3 La distribution

La procédure de distribution est réalisée en 3 phases, déclinées pour toutes les zones et tous les types d'opérations. La première doit permettre d'assurer la cohérence entre les distances générées par les zones produites au module 3 de Freturb et celles qui résultent de la distribution. La seconde contrôle la cohérence entre flux entrants et flux sortants. La dernière calcule des matrices de flux échangés selon deux critères de proximité et de représentativité des activités, puis les fait converger.

4.3.1 Le respect de la cohérence avec les résultats produits par le module 3 dans l'identification des zones susceptibles d'échanger avec une zone de référence

La phase de distribution doit aboutir à l'élaboration d'une matrice indiquant pour chaque couple de zones et chaque type d'opération, les volumes de trafics échangés. Elle nécessite d'identifier pour chaque type et chaque zone génératrice donnés, les couples de zones possibles, c'est-à-dire ceux pour lesquels la distance Origine / Destination est compatible avec les valeurs des fonctions de distance utilisées au module 3 du logiciel.

Pour que cette sélection de couples de zones ne soit pas trop restrictive nous avons pris le parti de la réaliser non pas à partir uniquement de la distance moyenne de chacune des fonctions (qu'il a fallu calculer), mais à partir d'une plage moyenne de distance, calculée pour chacune des fonctions, sur la base de leur intervalle de confiance.

Illustrons cette démarche par la figure suivante. Le fait de ne conserver que la distance moyenne calculée au module 3 de Freturb (et figurée par le cercle bleu sur le schéma) ne permettrait à la zone orangée d'échanger qu'avec la seule zone dont le barycentre (en rouge) est situé sur le cercle de cette distance moyenne. Avec une définition aussi restrictive il aurait tout aussi bien pu être impossible de trouver une zone avec le barycentre sur ce cercle. En passant du cercle à l'anneau, c'est-à-dire en utilisant une fourchette de distances on augmente le nombre de zones avec lesquelles il est possible d'échanger (zones en mauve sur le schéma).

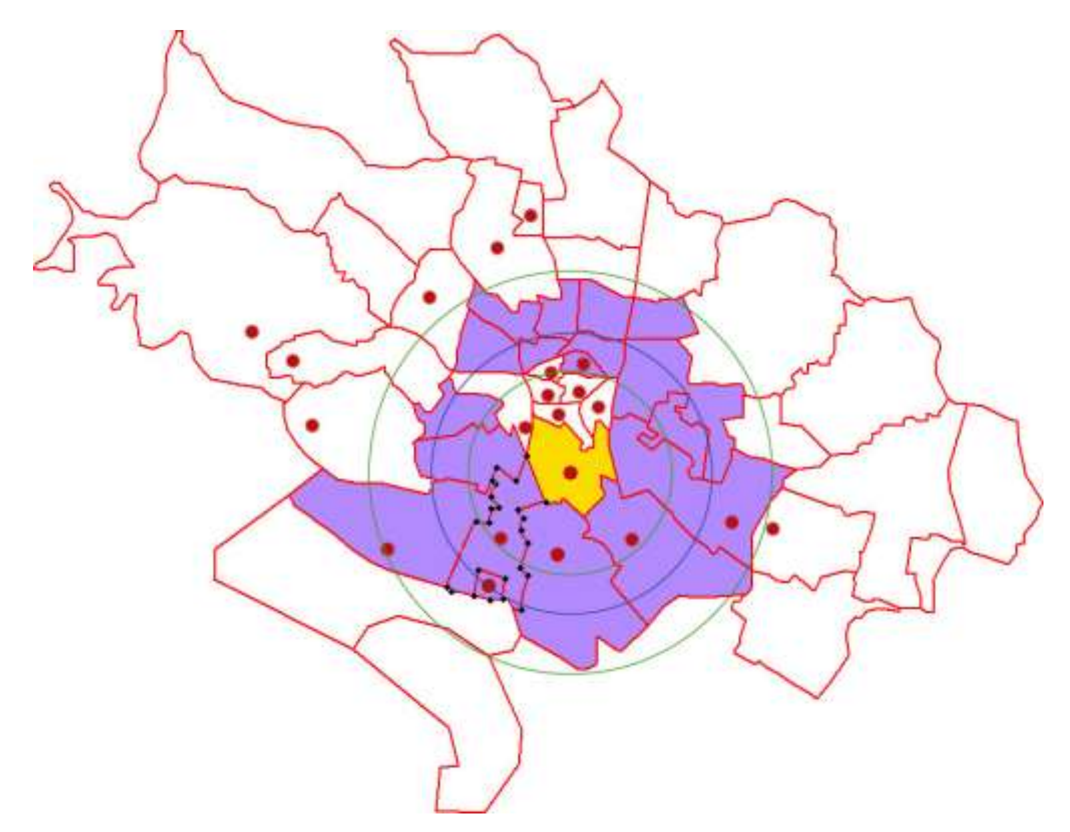


Figure 6:L'établissement d'une fourchette de distance

Pour chacun des 25 types présentés, les fonctions permettant de calculer la valeur moyenne ainsi que les bornes supérieures et inférieures de cette plage de distance sont fournies en ***annexe n°2***.

Les valeurs de cet anneau sont alors calculées dans l'agglomération pour chacune des zones et chacun des types d'opérations exposés précédemment. Sur une agglomération découpée en 46 zones telle que Dijon, cela représente plus de 2000 cas de figure.

4.3.2 Le contrôle de cohérence entre flux entrants et flux sortants

Les flux générés par la zone figurée en orangé vont pouvoir être distribués vers les zones figurées en mauve. Cependant, préalablement à cette distribution, il convient de s'assurer que la cohérence entre flux entrants et sortants est respectée.

Ce principe de base s'énonce ainsi :

Tout flux (caractérisé par les critères listés) qui part d'une zone doit arriver dans une autre zone ***avec les mêmes caractéristiques qu'au départ*** *!*

En effet, tout flux qui est généré par une zone, selon un mode de gestion particulier, un type de véhicule spécifique, un mode d'organisation et éventuellement une taille de tournée… doit arriver dans une zone en ayant conservé les mêmes caractéristiques. Il est donc important de s'assurer que les zones réceptrices sont bel et bien en capacité d'accueillir ces flux. La capacité d'accueil d'une zone est identique à sa capacité de génération puisque par définition chaque point touché par une opération de livraison ou enlèvement est en relation avec un autre point comme le montrait précédemment la figure 1. Pour le dire autrement, tout véhicule qui arrive dans une zone en repart. Pour une zone donnée, il y a donc autant de flux qui arrivent que de flux qui partent.

Pour permettre de faire coïncider les flux générés par une zone avec les capacités d'accueil des zones destinataires, il va dans certains cas être nécessaire d'élargir l'anneau en agrégeant des zones situées soit à une distance plus faible que la fourchette (en bleu), soit à une distance plus longue que la fourchette (en vert) :

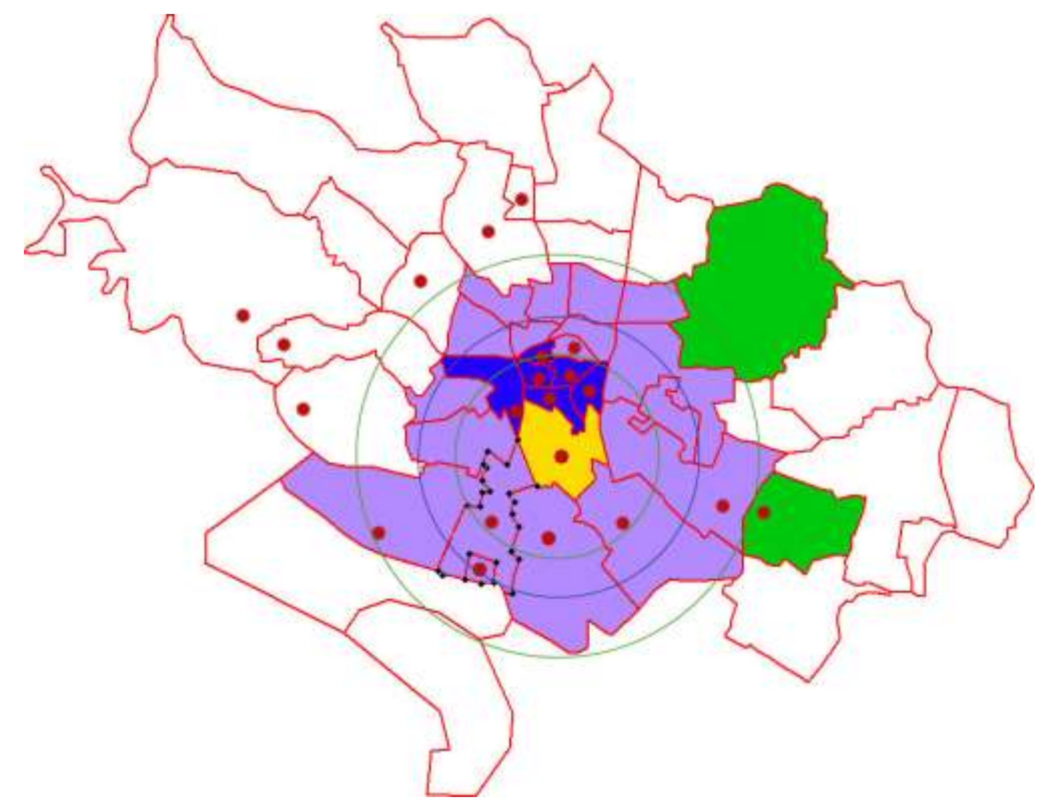


Figure 7 : L'élargissement de la fourchette de distance

4.3.3 La constitution de la matrice des flux échangés

Les échanges sont en priorité estimés sur la base de la proximité des zones à la distance moyenne calculée par Freturb au module 3. Cependant, ces échanges doivent être également en cohérence avec les activités présentes dans les différentes zones. Deux distributions sont ainsi établies, l'une sur la proximité à la distance moyenne, l'autre sur la répartition des activités.

3.1. La matrice de proximité

Pour s'assurer que les distances issues du module de distribution seront proches de celles produites par le module 3 de Freturb, la distribution est réalisée en pondérant les zones selon leur proximité à la distance moyenne (figurée par un cercle bleu sur le schéma). Ainsi, plus une zone sera proche de cette valeur moyenne et plus on y échangera de flux.

Les zones susceptibles d'accueillir les flux (en mauve sur le schéma) sont ainsi classées par éloignement croissant à la moyenne utilisée au Module 3. On calcule la somme de ces écarts (exprimés en valeur absolue) ainsi que leur moyenne. En additionnant ces deux résultats on obtient une valeur de référence (α) (somme des écarts + moyenne des écarts). Sur l'exemple présenté ci-dessous α = 5.7 + 1.425 soit 7.125. Pour chacune des zones susceptibles d'accueillir les flux, on calcule alors β qui représente la différence entre la valeur de référence α et l'écart cumulé (α - écart cumulé). On peut dès lors calculer le poids de proximité des différentes zones comme étant : P = β /somme de β.

Zone	Valeur absolue de l'écart à la distance moyenne (km)	Ecart cumulé (km)	β	Poids P
1	0	0	7,125	37%
2	1	1	6,125	32%
3	1,7	2,7	4,425	23%
4	3	5,7	1,425	7%
Somme	**5,7**		**19,1**	
Moyenne	*1,425*			

Tableau 10

Les flux échangés avec la zone sont ainsi donnés en multipliant P par le nombre de flux totaux générés par la zone indiquée en orangé qui doivent être répartis entre les zones d'accueil. Si ces flux « théoriques » sont supérieurs à la capacité d'accueil de la zone (définie comme les flux générés par cette zone – flux déjà distribués dans cette zone) , on pratique un redressement pour assurer la cohérence avec la capacité d'accueil de la zone.

Prenons un exemple chiffré pour illustrer notre propos. La zone orangé génère 150 opérations d'un type donné (par exemple une ordinaire de tournée, réalisée en compte d'autrui par un camion porteur dans le cadre d'un parcours comportant 10 arrêts). Ces flux générés sont échangés avec les zones 1 à 4 dont les poids de proximité viennent d'être calculés :

Zone	Capacité d'accueil de la zone	Flux théorique (Poids P * 150)	Flux affecté
1	50	55,96	50
2	10	48,10	10
3	65	34,75	65
4	124	11,19	25
Total	**249**	**150**	**150**

Tableau 11

La capacité d'accueil de la zone 1 est insuffisante pour y affecter les flux qui découlent de son poids de proximité, en conséquence ces flux excédentaires devraient se reporter sur la zone 2. Mais celle-ci ne permet pas non plus d'accueillir tous les flux théoriques donc ceux-ci se reportent sur la zone 3 puis sur la zone 4. A l'issue de cette procédure les zones 1 à 3 sont saturées pour ce type d'opérations (ordinaire de tournée, réalisée en compte d'autrui par un camion porteur dans le cadre d'un parcours comportant 10 arrêts).

Avec les mêmes zones mais en modifiant les capacités d'accueil on obtiendrait le résultat suivant :

Zone	Capacité d'accueil de la zone	Flux théorique (Poids P * 150)	Flux affecté
1	124	55,96	55,96
2	65	48,10	48,10
3	10	34,75	10,00
4	50	11,19	35,94
Total	**249**	**150**	**150**

Tableau 12

4.3.3.1 La matrice fondée sur le poids des différentes activités

La distribution des flux d'une zone à l'autre doit se faire en préservant le poids des différentes activités dans les zones.

Une seconde matrice est donc construite à partir du poids des 8 activités utilisées par Freturb. Cette matrice indique pour chaque activité le flux échangé compte tenu des opérations générées dans les différentes zones. Au cours de cette opération, les zones d'accueil des flux sont regroupées et on raisonne sur des volumes globaux de flux par activité.

La démarche se déroule selon les étapes suivantes, calculées à type de profil donné (zone, type d'opération, type de gestion, type de véhicule, taille de tournée) :

1. Pour la zone de génération (zone i) on calcule par activité les flux générés : *fluxZoneI*
2. Pour les zones d'accueil des flux (macro-zone j) on calcule par activité la capacité d'accueil des flux : *fluxZoneJ*
3. On calcule par activité, leur poids sur cet espace : (fluxZoneI + fluxZoneJ) / Somme (fluxZoneI + fluxZoneJ)

Activité	1 Flux générés par la zone i (en orange sur le schéma)	2 Capacité d'accueil de la macro zone j (somme des zones 1 à 4 dans l'exemple)	3 Poids des activités sur l'espace i + j
1	0,05	-	0,01%
2	29,89	61,63	22,94%
3	12,12	66,08	19,60%
4	10,82	18,61	7,38%
5	13,77	-	3,45%
6	67,40	67,54	33,82%
7	15,95	35,14	12,80%
8	-	-	0,00%
Total	**150**	**249**	**100,00%**

4. On calcule alors par activité les flux sur le trajet entre i et j. Compte tenu de notre principe de base qui dit que tout flux (caractérisé par les critères listés) qui part d'une zone doit arriver dans une autre zone avec les mêmes caractéristiques qu'au départ, ces flux sont estimés par la formule :

   flux sur l'OD = Somme(fluxZoneI) * 2 * Poids de chaque activité
   (On multiplie par 2 car chaque opération génératrice de i est forcément reliée à une autre opération en j)

5. On en déduit pour chaque activité, les flux théoriques qui vont être échangés avec la macro-zone j selon la formule suivante :
   - si le flux sur l'OD < fluxZoneI alors on distribue 0 flux
   - si le fluxZoneJ < (flux sur l'OD - fluxZoneI) alors on distribue fluxZoneJ

   Ces deux premiers cas de figure provoquent des écarts entre les flux affectés et les flux à affecter. En effet dans ces deux cas de figure, les flux déterminés par (flux sur l'OD - fluxZoneI) devraient être négatifs, or dans la mesure où cette option est impossible, il y a surestimation des flux à affecter.

   - dans les autres cas on distribue (flux sur l'OD - fluxZoneI)

6. On corrige les écarts éventuels avec le flux qui doit être distribué. Cette correction se fait en répartissant les flux au prorata du poids des ST8 dans la distribution théorique.

Activité	4 Flux sur l'O/D	5 Flux échangés avec j (théorique)	6 Flux échangés avec j après redressement
1	0,03	-	-
2	68,82	38,92	38,11
3	58,80	46,68	45,98
4	22,13	11,31	11,05
5	10,36	-	-
6	101,45	34,06	32,86
7	38,41	22,46	22,01
8	-	-	-
Total	**300,00**	**153,43**	**150,00**

Tableau 13

4.3.3.2 La convergence de ces deux distributions

Pour rendre compatibles ces deux distributions établies d'une part sur le poids de proximité des zones d'accueil par rapport à la distance moyenne utilisée au module 3 de Freturb, et d'autre part sur le poids des différentes activités dans les zones, on utilise une procédure itérative de redressement sur les marges. Tant que cette procédure permet de corriger au moins 80% des écarts, ou tant que l'écart total est supérieur à 0.000001, elle est poursuivie. Dans une agglomération telle que Dijon, cette procédure aboutit au maximum en 20 itérations à une convergence satisfaisante.

4.3.4 La distribution finale

Une fois la convergence atteinte, il est possible de distribuer les flux sur la base du résultat obtenu et de réduire en conséquence les capacités d'accueil des zones.

La procédure peut alors être relancée sur une autre zone ou un autre type d'opération (mode de gestion, véhicule, type d'organisation, taille de tournée)...

… Et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les zones et tous les types d'opérations aient été traités ...

Sur une agglomération comme Dijon, la procédure de distribution est réalisée en 5 heures environ sur un ordinateur qui n'effectue pas d'autre tâche. C'est une procédure lourde qu'il conviendra de réaliser de nuit afin de ne pas bloquer le travail des utilisateurs.

5 Les effets du e-commerce sur la logistique urbaine

5.1 Le Contexte :

Ces dernières années ont été marquées par de profondes modifications liées à la diffusion des nouvelles technologies de l'information et de communication (NTIC) qui ont permis de nouvelles organisations logistiques, de nouvelles offres commerciales et ont participé à la modification de comportement des consommateurs.

L'une des grandes mutations des comportements de consommation à venir concerne la pratique de la vente à distance à l'aide d'Internet, média qui connaît une diffusion très rapide dans les ménages. Il faut ainsi tenir compte de variables macro-économiques, telles que le revenu des ménages, leur composition, leur équipements en véhicules comme en ordinateurs ou tout autre moyen de communication qui peut modifier leur comportement.

Une recherche récente du LET pour le compte de la DTT sur les effets du e-commerce sur la logistique urbaine[10] a permis de mettre en évidence le jeu des acteurs intervenant dans un système complexe de relations où contrairement au marché traditionnel, le service prévaut sur le produit. L'internaute est apparu comme le maillon principal du système. Son comportement, sa réactivité, ses exigences orientent les stratégies des autres acteurs (web-marchands, commerçants, transporteurs, infomédiaires, logisticiens, fournisseurs).

Si la recherche a bien montré les stratégies des principaux acteurs économiques elle s'est vite heurtée à la méconnaissance du maillon central qu'est l'internaute. Les questions que l'on doit se poser portent sur la représentation qu'il se fait du système. S'il n'a pas un contact direct et physique avec l'objet, il a accès à une connaissance très précise de ses caractéristiques intrinsèques par différents moyens (site du distributeur, site du producteur, forums de discussion). L'hypothèse de rationalité économique, lorsqu'elle est perçue comme la recherche du prix le plus bas, ne suffit pas à expliquer le recours à l'achat en ligne. Les prix pratiqués par les web-marchands sont souvent équivalents aux prix pratiqués dans les magasins traditionnels. La prise en compte de facteurs comme la valeur du temps, la rareté de l'objet, les contraintes personnelles, le mimétisme…, peuvent être des facteurs explicatifs de cet acte.

Les interrogations portent à la fois sur :

- les déterminants des choix du consommateur, les critères qui le font "basculer" dans cette nouvelle pratique d'achat malgré les freins importants que tous les observateurs ont mis en évidence : incertitude sur la qualité des produits, efficacité de la logistique pour avoir la marchandise en temps voulu, sécurisation du site et des paiements en ligne , obligation d'être présent à la réception.
- L'usage du temps gagné par l'internaute par rapport aux pratiques commerciales classiques : le temps de déplacement économisé lors de l'achat en ligne est il utilisé pour des activités domestiques ou pour effectuer d'autres déplacements ?

C'est à la fois les conditions de développement des achats sur le net et les comportements des consommateurs en matière d'activités de substitution au déplacement d'achat qu'il faut comprendre pour permettre une véritable évaluation des effets du commerce électronique sur la logistique urbaine et en particulier les flux de transport.

Cette étude propose donc d'analyser le secteur de la vente en ligne comme un système global complexe dont le fonctionnement est régi par l'interaction de différents sous

[10] PATIER D., ALLIGIER L. (LET), BOSSIN P., PERDRIX A. (Interface Transport), Les conséquences des nouvelles formes de commerce sur la logistique urbaine, rapport pour la DTT, nov. 2002, 73 p.

systèmes (production, distribution, transport, consommation) et de différents acteurs (producteur, distributeur, logisticien, transporteur, consommateur, pouvoirs publics). Grâce à une meilleure connaissance du fonctionnement de ce système, la mise en évidence de ces interrelations devra permettre d'en évaluer l'intensité, de réaliser différents scénarios prospectifs sur l'évolution des différents facteurs clés du système.

5.2 Le commerce, maillon central de l'approvisionnement urbain

Le magasin est un lieu de rupture dans la supply chain. En effet, les études que nous avons réalisées ont montré que toute la partie amont du commerce, du fabricant, au producteur, au distributeur, au logisticien et au transporteur, s'est peu à peu développée une intégration logistique optimisant les circuits de ramasse et de distribution, totalement intégrer au système productif, selon les mêmes schémas.

Cependant, la partie aval a été complètement négligée. Pour les distributeurs, la partie aval de la chaîne se situe entre la plate-forme ou le grossiste et le magasin. Dans la logique de la logistique urbaine, la partie aval concerne le dernier kilomètre (du commerce au consommateur). Cette partie est la plus complexe et n'a jamais été intégrée dans le schéma de pensée et d'organisation des logisticiens qui sont censés manager la totalité de la chaîne, du producteur au consommateur.

Le schéma suivant montre à la fois la grande complexité et la diversité des options qui se présentent au consommateur en matière d'approvisionnement. Il montre l'interaction entre le consommateur et les acteurs de la logistique amont et permet d'évaluer les liens sur lesquels toute modification du comportement d'achat des consommateurs peut avoir un effet.

Le cadre 1 représente la partie logistique intégrée production-distribution

Le cadre 2 montre le maillon libre commerce-approvisionnement du consommateur

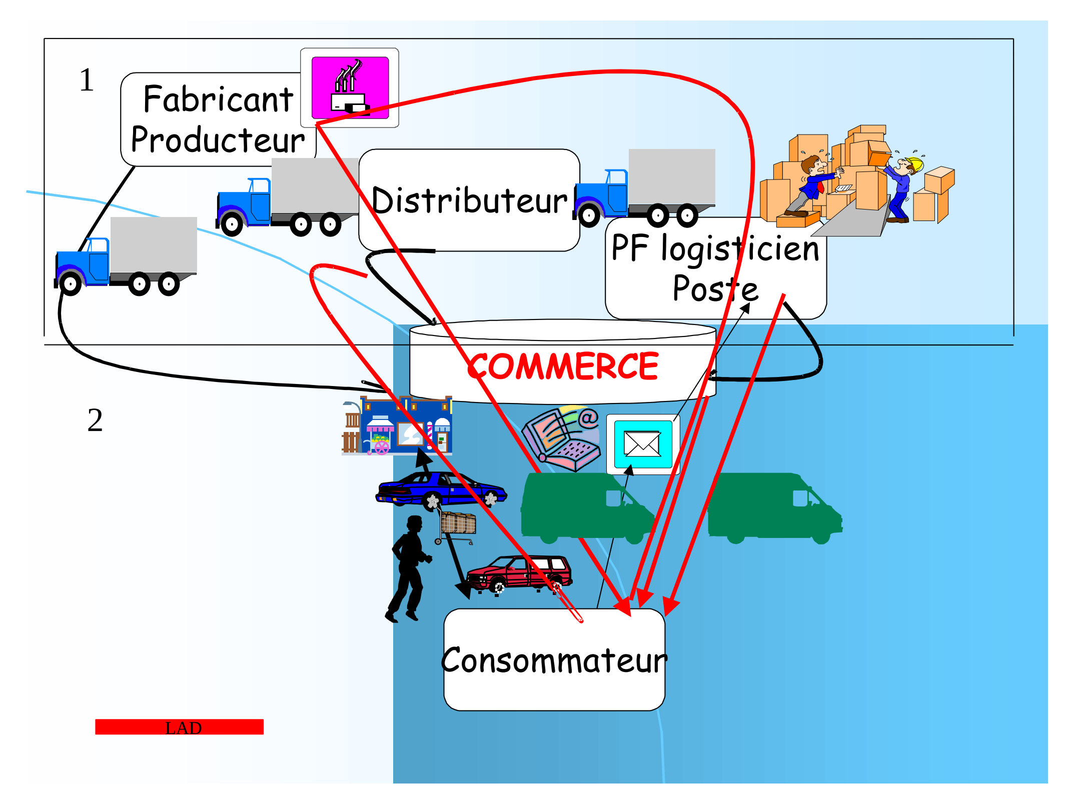


Figure 8 schéma fonctionnel de l'approvisionnement du consommateur

Le schéma présente l'univers de choix du consommateur. Il porte sur :

- *Le mode d'achat* : magasin traditionnel, Vente à distance à partir de catalogue, Internet…) ainsi que la façon de transporter les achats (dans son véhicule, livraison à domicile après sortie de caisse, ou après un achat sur Internet, récupération des produits dans un point relais, ou à la poste ou encore dans des consignes…)
- *Le type de magasin* selon la taille (Hyper, Super, quartier,…),
- *La localisation* (périphérie, zones spécialisées, centre ville, centres commerciaux)
- *Le mode de transport utilisé* (TC , MAP, Vélo, …ou VP)
- *Le périple* au cours duquel il réalise ses achats (à partir du domicile, en sortant du travail, lors d'une boucle de déplacements…)

Dans ce schéma, un grand nombre de segments ne sont pas du tout optimisés, ce sont les derniers kilomètres, les plus difficiles à gérer et les plus coûteux. Les raisons sont liées à la difficulté d'accès des appartements, le manque de place de stationnement à proximité, l'absence d'ascenseur dans les immeubles anciens, l'absence des destinataires lors de livraison à domicile ou encore d'adresses imprécises ou difficiles d'accès.

5.3 Les tendances

Quelques chiffres permettent de présenter les enjeux de l'approvisionnement des ménages.

80% de la population française vit en ville qui est de ce fait le grand centre de consommation.

Le consommateur est le maillon principal. Son comportement, sa réactivité, ses exigences orientent les stratégies des autres acteurs (commerçants, web-marchands, logisticiens, transporteurs). Le système est tiré par l 'aval. Tout changement dans son comportement d'achat entraîne des modifications dans l'organisation stratégique des commerçants, des web-marchands, des transporteurs, etc.

On dénombre 17,7 millions de déplacements pour achat un jour moyen en France.

L'exploitation des enquêtes « déplacements » des ménages révèlent que les déplacements d 'achat sont effectués pour 55 à 60 % en voiture particulière, de 30 à 35 % à pied, et de 5 à 10 % en Transport en commun, le reste en 2 roues ou autres. Ces déplacements se font à 70 % en navette domicile-achat-domicile (c'est à dire avec un aller-retour comprenant, lorsqu'il est effectué en voiture, un trajet à vide), 30 % étant réalisés dans le cadre d'une chaîne de déplacements comportant d'autres motifs.

Enfin, plus de 80 % des déplacements vers les supermarchés sont réalisés en voiture contre 35 % dans les commerces de centre ville.

Ainsi, compte tenu des distances à parcourir, la consommation moyenne d 'énergie [11] pour 15€ d 'achats alimentaires dans un hypermarché en périphérie est 2 fois celle d 'un

---

[11] Source Beauvais Consultant

supermarché de quartier. Or, en 2004, la part du Chiffre d'Affaires du commerce en France, se répartit de la façon suivante : commerce de centre ville de 15 à 25 % , le commerce de quartier, 5 à 10 % et une part de 70 à 80 % dans les grandes surfaces de périphérie.

Des mutations importantes sont en cours, qui modifient totalement le paysage économique et pèsent lourdement sur les modes de consommation. Elles peuvent être classées grossièrement en trois catégories : démographiques, économiques, technologiques.

5.3.1 Les mutations démographiques

Elles sont intrinsèques au consommateur : le vieillissement de la population, la modification de la composition des ménages, celle des modes de vie, des comportements d 'achat, de mobilité…

En France, le dernier recensement en 2004, révèle un net **vieillissement de la population**. En effet, 9% de la population a plus de 75 ans contre 8 % en 99. Le nombre de personnes de plus de 75 ans a doublé en 40 ans. Grâce aux progrès de la médecine et des conditions de vie, la population vieillit mieux. Elle est ainsi plus mobile et plus apte à intégrer les évolutions technologiques. Cette catégorie de population est de plus en plue maintenue à domicile grâce à de nouveaux services sociaux et médicaux. Si l'on tient compte également des jeunes retraités qui ont bénéficié de départ à la retraite anticipée, une frange importante de la population dispose de plus de temps, de revenus plus importants, donc a une propension à consommer différemment. Face à ce phénomène, les distributeurs lancent des opérations plus ciblées et considère "la ménagère de plus de cinquante ans" comme une cible privilégiée. Ce qui est tout à fait nouveau. La prise de conscience récente par les instances de l 'Etat des problèmes d 'accessibilité des personnes à mobilité réduites (personnes âgées ..) ou seules a entraîné la mise en place de nombreux services de proximité tels que le portage à domicile (PAD) ou la Livraison à domicile.

La transformation de la structure des ménages a des effets tout aussi importants sur les modes de vie et par conséquent sur les comportements en matière d'achats.

En 2004 en France, sur 62 millions d'habitants, 8 millions vivent seuls (veufs, divorcés, célibataires, conjoints qui vivent dans 2 appartements. Cela représente un record d'une personne sur 8 sur l'ensemble du territoire, mais 1 sur 4 à Paris. La proportion des jeunes de 20 à 30 ans vivant seuls a doublé en 20 ans (prolongement des études, mariages plus tardifs…). Si l'on rajoute à cela l'augmentation du nombre des divorces et de la durée de vie, tous ces phénomènes ont des conséquences directes sur le style de consommation et sur la façon d'acheter (lieu, quantité de produits, conditionnement…). Le morcellement de la cellule familiale crée à la fois une atomisation des achats, une modification de leur fréquence, des volumes achetés et bien souvent un changement de mode d'approvisionnement. De nouveaux conditionnements à la portion apparaissent sur le marché ; la diminution de la taille des unités accroît le volume lié aux emballages qu'il faut ensuite évacuer et recycler. On aboutit ainsi à une multiplication des déplacements liés aux approvisionnements et retours, peu optimisables.

Les deux phénomènes précédents entraînent une **modification du mode de vie**. Il est à noter que, plus le consommateur a du temps, moins il veut en consacrer aux corvées. De plus en plus, les achats de consommation courante, réalisées en famille dans les hypermarchés, sont considérées comme des corvées. Plus on vieillit, plus on concentre ses activités en centre-ville. La réduction du temps de travail (35 heures en France)

modifie considérablement les modes de vie avec une concentration d'activités et un étalement des loisirs.

De nouveaux modes d'approvisionnement apparaissent et en particulier l'achat en ligne et de façon plus générale, la livraison à domicile.

Le consommateur est de plus en plus informé : avec les nouveaux moyens de communication, en particulier avec Internet, il navigue sur les sites, a une infinité de choix; compare les prix, évalue les performances des distributeurs et logisticiens impliqués dans la logistique nécessaire à son approvisionnement. De ce fait, il est de plus en plus exigeant et de moins en moins fidèle (le coût de transfert d'un site à l'autre est nul)... Il est également de mieux en mieux défendu par les associations de consommateurs. Il veut disposer de la marchandise dès la commande et sous-évalue la complexité et le coût des préparation de sa commande, comme celle de la logistique nécessaire aux livraisons en délais très courts. Il méconnaît les coûts de la livraison (logistiques et transport) et ne se pose pas de question ni sur le temps ni sur le coût de la préparation de commande et de la livraison. Pour résumer, il lui faut rapidité, fiabilité, traçabilité…et gratuité ! Il est de plus en plus à la recherche du gain de temps …Tout à fait prêt pour l 'achat ludique, il n'est plus pour l'achat corvée. Il joue la complémentarité des commerces.

5.3.2 Les mutations économiques

La mondialisation des échanges entraîne une modification des circuits d'approvisionnements, la réduction des stocks, la pratique des flux tendus provoquent un accroissement des flux de marchandises. Seuls l'intégration de la logistique, la massification des produits, une bonne implantation des plates-formes et l 'usage des NTIC (infologistique) en amont peuvent éviter les dysfonctionnement sur l 'approvisionnement urbain .

L 'arrêt des possibilités d 'extension des hypermarchés en périphérie a eu deux effets : le **recentrage** de l'appareil commercial, avec un retour de la grande distribution en centre ville (meilleure offre, réduction des distances, réanimation des quartiers…) et l'extension des galeries marchandes dans les hypermarchés (aux effets contradictoires) et le développement de la **VAD** en particulier par Internet crée de nouvelles exigences en performance qualité, donc des mutations profondes dans l 'organisation logistique.

5.3.3 Les mutations technologiques

L 'explosion de l 'usage des NTIC a un double effet : sur le consommateur qui a accès à de nouveaux services, à l 'information, mais aussi sur les opérateurs qui vont mettre en place un système d 'organisation complètement intégré, transparent, plus efficace…avec un véritable challenge de perpétuelle course à l'innovation, traçabilité, optimisation des tournées.

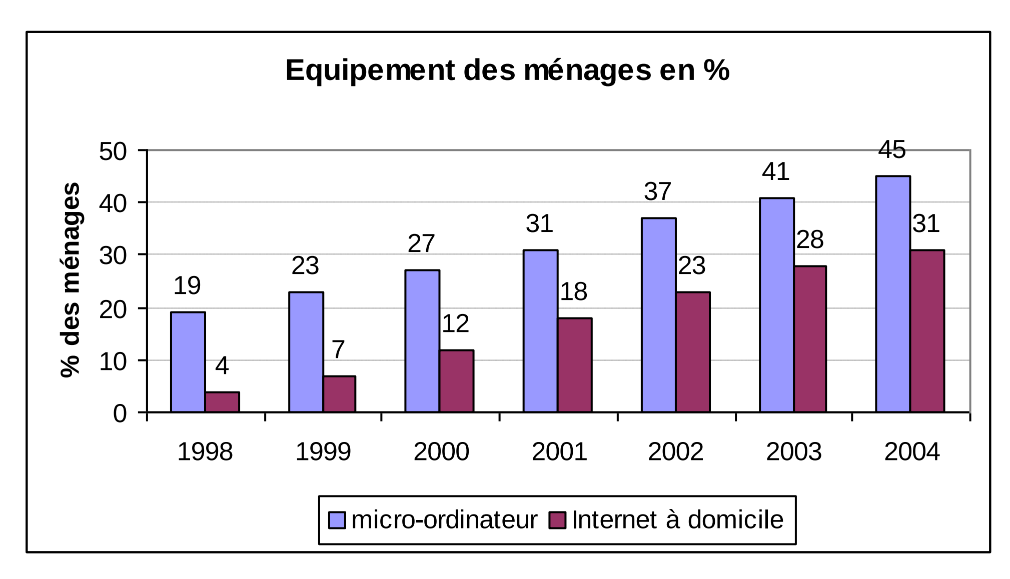
Le taux d'équipement des ménages en nombre de micro ordinateurs croît d'une façon spectaculaire. Ce taux est de 34 % en 2003, la moyenne des pays européens étant de 18 %. Mais plus significatif encore est l'accroissement du **nombre d 'abonnés au haut débit.** On dénombre 2,039 millions de lignes actives (Abonnement ADSL) en 2003, soit une augmentation de 49.4 % par rapport à 2002 et 341000 abonnements au câble, modem, soit un accroissement de 20 % par rapport à 2002

Il faut souligner qu'actuellement seulement 19 % des communes françaises sont couvertes par le haut débit, mais on peut présager d'une couverture totale dans les cinq ans à venir.

L'introduction des ordinateurs à l'école dès la maternelle banalise complètement l'outil et présage un usage de plus en plus généralisé. Conjointement, la diminution des prix du

matériel accélère sa diffusion et l'on assiste à une convergence du développement de l'ensemble des NTIC (appareils photos, teléphones mobiles, ordinateurs et haut débit.

Le graphique suivant montre la progression de l'équipement des ménages en ordinateur et en abonnement Internet à domicile.



INSEE, enquête permanente conditions de vie des ménages, 2005

Une étude du Crédoc en 2003 a montré également une nette réduction de la fracture numérique. Le graphique suivant présente le Coefficient de Gini, calculé pour chacun des critère d'âge, de revenu, de catégorie socio-professionnelle, de la taille de l'agglomération. (moyenne de l 'ensemble des critères). Le coefficient tend vers 0 quand la répartition est égalitaire entre les groupes (et vers 100 si un seul groupe est détenteur)

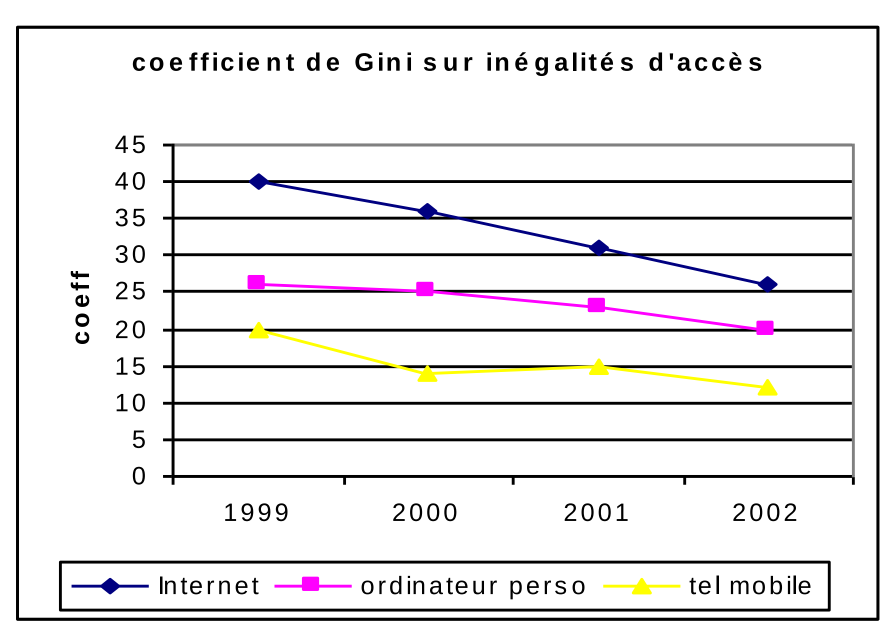


Figure 9

Ainsi la diffusion des technologie de l'information tendent à réduire les inégalités aussi bien sociales (Revenu, âge, CSP) mais également géographiques.

5.4 Le commerce électronique et la livraison à domicile

Dans les années 1995-2003, le e-commerce pouvait être considéré comme un secteur émergeant. En 2004 on peut dire qu'il est devenu une habitude de consommation

En 2002, dans le cadre du Programme national Marchandise en ville, la recherche réalisée sur «les effets du e-commerce sur la logistique urbaine »[12] avait permis de définir le e-commerce comme un secteur émergeant.

Il se caractérisait par un nombre d'Internautes non négligeables mais dont très peu passaient à l'acte d'achat. Les acheteurs avaient des caractéristiques très typées en 2 catégories : Homme ou femme, jeune, urbain, d'environ 30 ans, ayant un niveau d'études supérieures ou bien ménages bi-actifs, jeunes, avec enfants, aux CSP et revenus élevés, pour lesquels le temps compte plus que le coût.

Entre le 4° trimestres 2002 et 2003 apparaissent de nouvelles cibles,. En particulier, le nombre d'acheteurs de plus de 50 ans a cru de 80 %, celui des femmes de 65 %. On note également une croissance de 61 % d'acheteurs résidant hors région parisienne.

Les achats révélés lors des enquêtes de 2002 portaient plus particulièrement sur les services et les produits informatiques et culturels. En 2004, de nouveaux secteurs apparaissent comme l'habillement, le bricolage, les produits de décoration…

Les achats sont de plus en plus passés du domicile, ce qui révèle une démocratisation du canal de vente.

2003 est une année record pour l'e-commerce français.

En 2004, on dénombre en France **23,6 millions d'Internautes** dont la moitié ont déjà acheté en ligne. L'explosion du e-commerce en France attendue depuis 1996 arrive en 2003 avec un marché de 4 et 5 milliards d'euros, en croissance de 60 % par rapport à 2002, un nombre d'acheteurs croissant 2,5 fois plus vite que le nombre d'internautes. En 2004, un marché de 6 milliards d'Euros + 65 % du C.A./2003.

IL est devenu nécessaire de comprendre les mécanismes du passage d'un mode d'achat traditionnel à un achat en ligne si l'on veut simuler les mouvements à la fois des marchandises (logistique amont pour l'approvisionnement de la ville) et des déplacements des ménages, complètement modifiés par leurs nouvelles pratiques, dans le cadre de leurs achats dans le modèle FRETURB.

5.5 Le cadre méthodologique

La méthodologie développée pour le modèle FRETURB prend en compte les mouvements inter établissements de véhicules de livraison et les déplacements des ménages pour motif achat. Le développement du commerce électronique à destination des consommateurs (B2C) représente un nouveau canal de distribution tout comme une nouvelle façon pour les individus de gérer leur approvisionnement.

Cette nouvelle pratique mérite que l'on s'y attarde puisque d'évidence et comme il l'a été indiqué précédemment, l'impact des livraisons à domicile sur les déplacements réalisés par les particuliers est de taille. L'exemple du commerce électronique alimentaire est particulièrement parlant : une tournée de livraison de produits alimentaires comptant en moyenne quinze points touchés et autant de clients livrés, on comprendra

[12] voir sur le site Docapolis.com

intuitivement qu'une substitution même partielle de ce mode de livraisons aux déplacements individuels modifie la donne.

En se replaçant dans le cadre de la démarche FRETURB l'objectif est le suivant : fournir des éléments suffisant pour échafauder des scénarios plausibles sur l'évolution des modes de consommation et sur leur conséquence sur la mobilité individuelle.

Ce travail est basé sur une analyse fine et des déterminants de la demande des consommateurs et de l'offre de produits et de services que propose le commerce électronique de détail.

Il s'agit donc d'observer parallèlement la stratégie des entreprises qui œuvrent dans ce secteur, qu'il s'agisse des web-marchands, des logisticiens ou des transporteurs, les organisations logistiques mises en place, et les comportements d'achats individuels liés à cette pratique. Il conviendra ensuite de tenter de déterminer dans quelle mesure les comportements de chacun de ces acteurs peuvent évoluer.

5.5.1 Analyse systémique de la vente en ligne de détail

Le cadre de l'analyse systémique, défini notamment par Joël de ROSNAY dans son ouvrage «Le Macroscope », convient particulièrement bien à l'étude du commerce électronique de détail. Ce dernier apparaît comme un système au sein duquel différents acteurs ayant chacun des caractéristiques et des intérêts particuliers interagissent, des boucles de rétroaction les répercutant les impacts de stratégies individuelles sur l'ensemble des stratégies.

L'analyse structurelle

L'analyse structurelle est la transposition en France par Michel GODET, professeur au CNAM, de l'analyse d'impacts croisés (*cross-impact analysis*) développée en 1966 par T.J. GORDON et O. HELMER. L'analyse d'impact croisé recours aux probabilités pour déterminer la réalisation d'un ensemble d'événements en tenant compte des interactions existant entre ces différents éléments. L'analyse structurelle a pour but de déterminer les influences croisées des variables d'un problème et de les classer en variables motrices et variables dépendantes.

Michel GODET énonce trois étapes successives : le recensement des variables, le repérage des relations dans la matrice d'analyse structurelle et la recherche des variables clés en utilisant la méthode Micmac (Matrice d'Impact Croisés - Multiplication Appliquée à un Classement).

- L'identification des variables

Cette phase est en cours. Nous avons choisi de la réaliser en administrant une enquête DELPHI auprès d'individus identifiés comme étant des experts du commerce électronique chacun dans leur domaine respectif. Cette méthode est présentée et détaillée à la suite de ce paragraphe.

- La matrice d'incidence et l'étude des relations entre facteurs

Sur la base des résultats de la phase précédente, il s'agit de donner corps à la vision systémique du problème soumis à l'analyse en déterminant la nature des relations que les variables identifiées entretiennent les unes avec les autres. On utilise à cette fin une matrice d'incidence carrée que l'on notera A, dite matrice d'analyse structurelle. Elle contient en ligne comme en colonne les variables dégagées lors de l'enquête DELPHI. A partir de cette matrice et en utilisant les propriétés du calcul matriciel, il sera possible de distinguer dans un premier temps les relations directes inter variable.

Les coefficients a_{ij} de la matrice *A* représentent l'action directe de la variable en abscisse *i* sur la variable en ordonnée *j*. L'objectif est de qualifier la relation entre ces deux variables et de ne retenir que les relations directes de type $i \rightarrow j$. Il faut pour cela et pour chacun des a_{ij} se poser les questions suivantes :

- *i* influence *j* ou *j* influence *i* ?
- la relation entre *i* et *j* n'est elle pas colinéaire, une troisième variable *k* agissant conjointement sur *i* et *j* ?
- la relation entre *i* et *j* est elle directe, ou existe-t-il une variable relais ?

L'ampleur de la relation peut ensuite être normé en utilisant un système binaire (1 relation, 0 absence de relation) ou une échelle de valeur (1 influence faible, 2 influence moyenne, 3 influence forte et p influence potentielle.

Les sommes en ligne et en colonne des coefficients de la matrice *A* permettent de réaliser un classement des différentes variables retenues selon les valeurs respectives de leurs indicateurs d'influence (Inf i) et de dépendance (Dep j). Le graphique ci-dessous représente le plan influence/dépendance sur lequel chacune des variables sera reportée selon ses coordonnées infi et depj ainsi que les méthodes de calcul pour les indicateurs

$$Inf_i = \sum_j a_{ij} \qquad Inf_i = \sum_j a_{ij}^n$$

$$Dep_j = \sum_i a_{ij} \qquad Dep_j = \sum_i a_{ij}^n$$

$$N = moy$$

$$V(Dep_j, Inf_i)$$

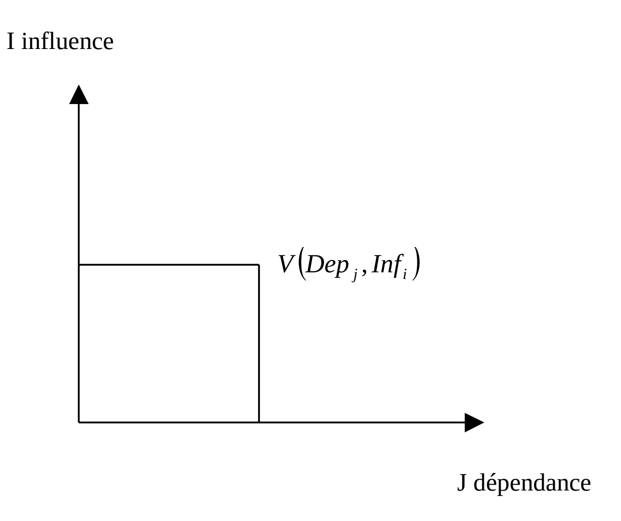


Fig. : Plan influence dépendance

Cependant le classement direct ne permet pas de prendre en compte « les chaînes d'influence », autrement dit les boucles de rétro action du système et les relations

indirectes existant entre i et j. La méthode Micmac systématise la recherche de ces relations.

- Recherche des variables clés à l'aide de la méthode Micmac

Cette méthode repose sur l'utilisation d'un programme de multiplication matricielle permettant de d'étudier la diffusion des impacts par les chemins et les boucles de rétroaction et par conséquent de hiérarchiser les variables par ordre d'influence et de dépendance.

L'élévation au carré de la matrice A met en évidence les relations d'ordre 2 entre i et j :

$$a^2{}_{ij}$$

$$A^2 = A \times A = a^2{}_{ij}$$

$$a^2{}_{ij} = \sum_k a^1_{ik} \times a^1_{kj}$$

$$a^1_{ik} \times a^1_{kj} = 1$$

Si a²ij<>0 alors il existe un k tel que a&ik xa&kj=1 =

K = une variable intermédiaire tel que i agit sur k (a1 ik =1) et k agit sur j (a1kj=1)

Il existe un chemin d'ordre 2 allant de i vers j en passant par k

Si a²ij=n, il existe n chemins de longueur 2 allant de i vers j en passant par plusieurs variables intermédiaires

An = nombre de boucles de rétro action d'ordre n reliant les variables entre elles

A chaque itération on obtient une nouvelle hiérarchie des variables influence somme en ligne

On recherche ensuite la stabilité dans la hiérarchie et on interrompt le processus itératif dès lors que cette stabilité est atteinte. Il est ensuite possible de superposer sur le même graphe d'influence dépendance les classements directs et indirects pour chacune des variables afin d'observer l'évolution de la hiérarchie. A la suite de ces traitements il est possible de réaliser un graphe causal illustrant les relations fonctionnelles entre chacune des variables.

Les étapes 2 et 3 de l'analyse structurelle seront considérablement facilitées par l'initiative récente du CNAM de distribuer gratuitement les logiciels qui permettent de mettre en œuvre une analyse structurelle. La réalisation des plans d'influence/dépendance, la recherche des relations indirectes par produit matriciel ainsi que la réalisation du graphe causal sont automatisés, ce qui va permettre un gain de temps considérable.

5.5.1.1 Mise en place d'une enquête Delphi

Pour alimenter l'analyse structurelle et cibler les facteurs à prendre en compte dans la matrice d'incidence, la mise en place d'une enquête DELPHI semble parfaitement appropriée. Cette méthode d'enquête consiste à collecter puis à confronter les avis de différents experts sur une question donnée jusqu'à ce qu'un consensus apparaisse. L'enquête est actuellement en cours et devrait donner des résultats au courant du mois de mai.

La méthode DELPHI a été créée en 1953 par Olaf HELMER et Norman DALKEY, appartenant tous les deux à la RAND corporation, principale organe de la prospective nord américaine depuis sa création en 1948.

Le choix de cette méthode a été dicté par des impératifs d'ordre méthodologique et pratiques. Tout d'abord, elle garantit l'anonymat des participants, permettant aux experts interrogés une plus grande liberté dans leurs réponses. En excluant les communications entre les participants elle limite au maximum le biais que l'on trouve dans les méthodes participatives basées sur la confrontation en face à face. Au sein du groupe d'experts, un individu peut influencer les autres parce qu'il saura mieux formuler ses réponses ou parce que sa place dans le système étudié lui confère plus de poids, plus de crédit que les autres. Ensuite il aurait été impossible de réunir physiquement dans un même lieux en même temps tous les experts interrogés, leur emploi du temps respectif ne le leur permettant tout simplement pas.

- Les bases de la méthode DELPHI

D'un point de vue strictement statistique, la méthode DELPHI repose sur l'utilisation des **fréquences cumulées** remarquables que sont le **quartile inférieur**, la **médiane** et le **quartile supérieur**. L'objectif de cette méthode est de réduire l'amplitude de l'intervalle interquartile autour de la médiane.

On rappellera brièvement la définition et le mode de calcul de ces différents paramètres statistiques :

- La fréquence cumulée d'une valeur d'une modalité est la somme des fréquences des valeurs qui lui sont inférieures ou égales .Elle est obtenue est obtenue de la façon suivante :

$$F_i = \frac{i}{n}$$

  i : rang de la valeur dans la distribution

  n : effectif total de cette distribution

- Les bornes de l'intervalle interquartile correspondent aux fréquences cumulées remarquables notées Q1 (quartile inférieur) et Q3 (quartile supérieur), dont les valeurs respectives sont 0,25 et 0,75.

- La médiane est définie comme étant la valeur qui partage une distribution en deux sous-ensembles d'égal effectif, sa fréquence cumulée étant donc égale à 0,5. Elle est aussi, lorsque les différences sont exprimées en valeur absolue, la valeur la plus proche de toutes les autres et vérifie la propriété mathématique suivante :

$$\sum_{i=1}^{n}\left|x_i - A\right|$$ minimale, *A* représentant la médiane

La méthode DELPHI consiste donc à observer si et comment convergent les avis des experts autour des valeurs centrales. Pour cela, plusieurs questionnaires successifs vont être envoyés aux experts. Le premier permettra de déterminer Q1, Q3 et la médiane. Le second questionnaire visera à réduire l'amplitude de l'intervalle (Q1,Q3). Pour ce faire, les experts seront informés des résultats du premier questionnaire et devront répondre à nouveaux en justifiant leur réponses si elle se situe en dehors de l'intervalle (Q1,Q3). Dans le troisième questionnaire, les arguments avancés pour les réponses situées en dehors de l'intervalle sont présentés aux experts qui devront les critiquer et reformuler leurs réponses. Le quatrième questionnaire donnera la réponse définitive. Toutefois, la plupart du temps seul une ou deux itérations du questionnaire sont nécessaire pour observer une diminution de la variance, symptôme annonciateur d'une convergence des opinions et de l'apparition d'un consensus.

- Le panel d'experts

Le panel constitué des d'experts retenus pour participer à cette enquête compte 37 individus, représentatifs des différents acteurs du commerce électronique : on y retrouve des web marchands de taille et de secteurs différents (grande distribution alimentaire, détaillants spécialisés dans le cycle, la chaussure, distributeurs Informatique et HI-FI), des logisticiens, des transporteurs, des consultants ayant une compétence reconnue dans ce secteur, des représentants des pouvoirs publics appartenant à des collectivités, aux instances consulaires ou au ministère des transports, des universitaires belges, français et anglais spécialistes de la question et des internautes. La plupart des experts ont déjà été contactés lors du précédent rapport réalisé par le LET et INTERFACE Transports pour le compte de la DTT.

- **Le questionnaire**

Le questionnaire d'« amorce» de l'enquête delphi, dont le rôle est de collecter les opinions de chacun des experts comprend trois questions. Le schéma ci-dessous reproduit le déroulement du questionnaire.

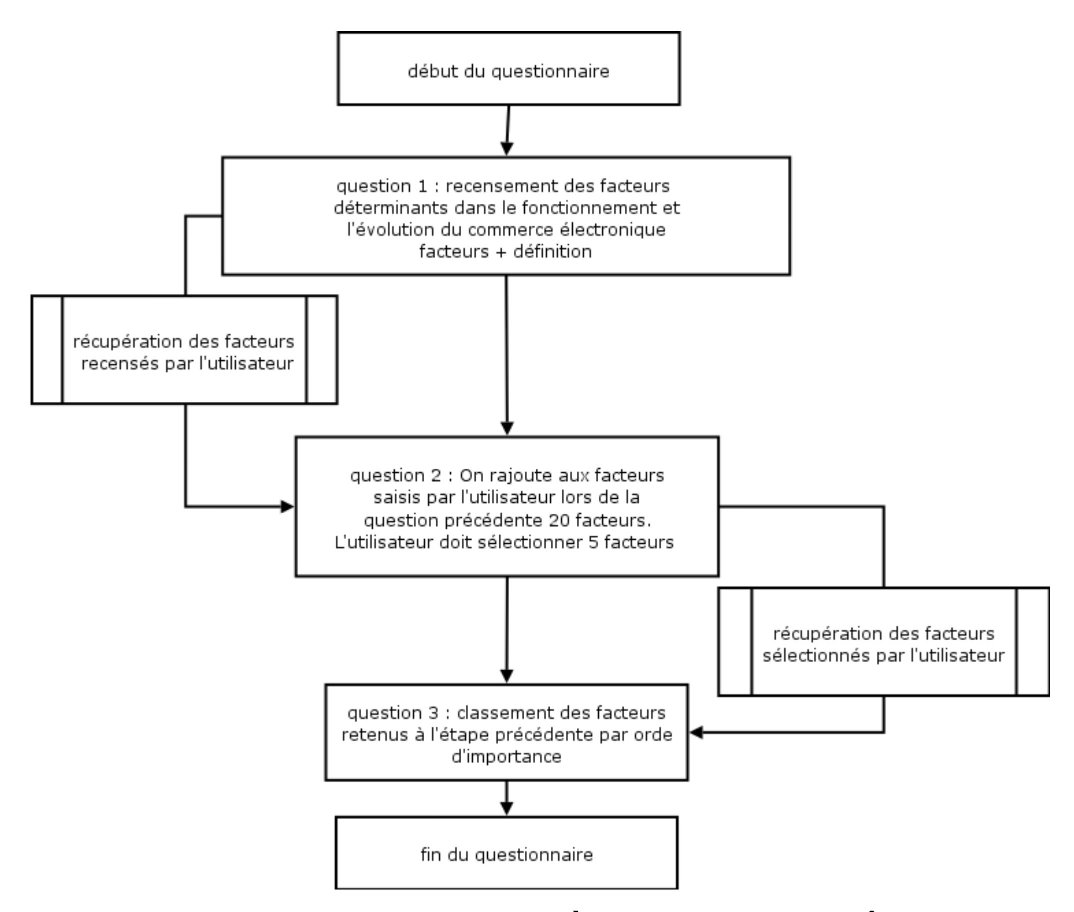


Figure 10 : Diagramme de la première phase de l'enquête DELPHI

La première question a pour but de **recueillir** les représentations que les acteurs ont du secteur de la vente ligne. Chacun des répondants doit lister et définir les facteurs qui, selon lui, ont un rôle important dans le fonctionnement et l'évolution du commerce électronique B2C. La seconde question nous permet de **confronter** les facteurs que nous avons recensés au cours de nos recherches[13] à ceux qu'ont déclarés les experts. Ces derniers accèdent à une liste comprenant d'abord les facteurs qu'ils viennent de saisir auxquels succèdent les facteurs que nous avons identifiés. Il est alors demandé aux experts de ne retenir que les facteurs les plus significatifs. La troisième question vise à **hiérarchiser** ces facteurs. Il est demandé aux experts de classer par ordre d'importance les facteurs qu'ils ont sélectionnés à la question précédente.

La seconde phase de l'enquête DELPHI, durant laquelle chacun des experts va pouvoir reconsidérer son opinion à lumière de celles des autres experts, débutera dans la dernière semaine du mois de mai. Un nouveau questionnaire sera alors envoyé à chacun des experts.

L'analyse structurelle apporte un éclairage macroéconomique sur le secteur de la vente en ligne de détail. Elle permettra de mieux saisir les véritables enjeux de son fonctionnement actuel et les leviers de ses évolutions futures. Une approche microéconomique de la vente en ligne de détail et plus particulièrement du secteur alimentaire aura pour rôle d'en mesurer l'impact sur la cité.

---

[13] PATIER D., ALLIGIER L., 2002, opus cité

5.5.2 Comparaison de l'impact environnemental des stratégies d'approvisionnement du consommateur

Un précédent travail[14] réalisé par ARIA technologies en collaboration avec Jean louis ROUTHIER et Erwan SEGALOU a permis de mettre en avant les émissions de polluant liées au transport de marchandises en ville et plus particulièrement celles générées par les déplacements individuels pour achat. Un module environnemental est en cours de réalisation pour être couplé au modèle FRETURB et inclus dans le logiciel du même nom.

Dans un souci de convergence avec l'approche FRETURB, nous avons cherché à reproduire cette démarche sur les tournées de livraison à domicile. L'idée sous jacente était d'obtenir des données comparables à celles résultant de l'exploitation des enquêtes ménages et concernant les déplacements pour motif achat des particuliers, afin d'avoir une connaissance plus précise de cette activité et d'en réaliser le bilan environnemental.

Il serait alors possible de dresser des scénarii de substitution partielle entre les deux pratiques et d'en constater les effets sur l'environnement.

5.5.2.1 Quel commerce électronique ?

Avant de détailler la méthode qui sera appliquée il est indispensable de définir précisément ce que l'on veut observer. Le commerce électronique B2B, inter établissement étant exclu du périmètre de notre étude, c'est le e-commerce B2C, à destination du consommateur sur lequel nous allons nous concentrer. Comme on a pu le voir précédemment, les différents secteurs du commerce utilisent ce mode de distribution. Dès lors, quel secteur suivre si l'on cherche à observer les impacts des déplacements liés à la livraison du produit commandé sur la voirie.

Lors de l'étude réalisée pour la DTT sur le commerce électronique, nous avons pu observer que la plupart des produits livrés (produits éditoriaux, habillement, Hi-Fi, Informatique) utilisaient des filières logistiques classiques (poste, expressistes), dont le dimensionnement permettait d'absorber ce surplus d'activité sans augmentation notable des mouvements de véhicules. Il faut donc identifier quels sont les secteurs d'activités utilisant une logistique spécifique, les produits vendus ne pouvant passer par les canaux logistiques traditionnels, créant par la même de nouveaux mouvements de marchandises à l'intérieur des villes.

Ensuite il convient de s'interroger sur la fréquence d'achat des produits. En toute logique, plus un individu pratique à l'achat en ligne, plus il recourt à la livraison à domicile. A priori et en raison de leur fréquence de réassort élevée chez le consommateur, les produits de consommation courante sont donc susceptibles de générer plus de flux de véhicules que d'autres types de produit. D'un point de vue économique, il s'agit de biens de consommation finaux répondant à des besoins primaires et dont l'**utilité marginale** (satisfaction éprouvée pour chaque unité supplémentaire de bien consommée) pour le consommateur est élevée.

Les produits alimentaires et les produits frais semblent réunir ces deux conditions. D'une part leur nature nécessite le plus souvent l'utilisation de véhicules spécifiques disposant de compartiments réfrigérés et thermiquement isolés, dont la température est contrôlée à intervalles réguliers. Les opérateurs de transport classiques et généralistes ne

[14] Mise en place d'une méthodologie pour la réalisation des bilans environnementaux du transport de marchandises en ville, LET, ARIA Technologie, Systems Consult, , rapport ADEME, Nov. 2002, 132 p.

prennent pas en charge leur acheminement, l'investissement dans des véhicules spécifiques étant difficile à amortir dans la mesure ou il n'est difficilement possible de mélanger différents types de produits dans ces véhicules pour les livrer au sein d'une même tournée, donc de les utiliser à d'autres fins. D'autre part, ce sont des produits consommés quotidiennement, ce qui implique un réassort fréquent.

C'est donc cette catégorie de produit et cette partie spécifique du marché de la vente en ligne que nous allons suivre.

5.5.2.2 Approche économique

Etudier l'impact environnemental d'une activité, dans ce cas précis le commerce électronique, équivaut en termes économiques à en mesurer le **coût marginal externe**.

La définition d'un coût marginal est la suivante : il s'agit d'un coût variable, occasionné par la consommation ou la production d'une unité supplémentaire d'un bien. Le terme externe fait quant à lui référence aux effets externes, appelés aussi externalités, qui correspondent aux effets de la consommation ou de la production de ce bien sur l'ensemble des agents économiques. Ces externalités peuvent être positives, représentant dans ce cas un gain collectif, ou négatives, en créant une perte de bien-être pour les autres agents. Dans tous les cas, ces « retombées » ne sont pas prises en compte dans le système de prix ni recouvrés en totalité par l'état.

Le coût marginal externe de l'environnement est donc une évaluation monétaire des dommages supplémentaires liés aux émissions atmosphériques, de la pollution atmosphérique globale, locale et de la pollution sonore. La plupart des études mettent en avant les effets sanitaires, l'impact sur les bâtiments ainsi que les atteintes à la végétation. Il existe d'autre part une distinction entre les polluants primaires, dont l'impact est local, et les polluants secondaires comme l'ozone intervenant à une échelle plus vaste.

Deux types d'approche dans l'évaluation des effets de l'exposition aux polluants :

"**top-down**" : on mesure au préalable des concentrations de polluant et on évalue ensuite la part respective des activités à l'origine de ces émissions. On obtient des coûts totaux ventilés entre différentes sources d'émissions.

"**bottom-up**" : on analyse d'abord les différentes sources de pollution puis on observe l'effet leur dispersion et leur impact sur un territoire. On obtient les coûts marginaux de chacune des facteurs d'émissions sur des trajets spécifiques.

Nous nous limiterons à évaluer uniquement les effets externes des émissions atmosphériques sur le dernier maillon de la chaîne logistique du commerce électronique, la **livraison à domicile**, en utilisant une approche bottom-up. Nous émettons l'hypothèse, confirmée lors d'entretien avec des professionnels de ce secteur, que la chaîne logistique de la partie amont du commerce électronique ne diffère pas ou très peu de celle de la distribution traditionnelle.

Une piste de réflexion intéressante serait de confronter le coût externe marginal lié à la livraison à domicile à l'**utilité marginale** de ce mode d'approvisionnement pour le consommateur. Un point d

En définitive, le but est de comparer l'utilité marginale d'un achat de produit réalisé en ligne pour le consommateur associée au coût externe marginal lié à l'acheminement de ce produit jusqu'au consommateur, avec l'utilité marginale d'un produit acheté dans un magasin classique et le coût externe marginal correspondant au

déplacement réalisé par le consommateur pour acquérir ce produit. La notion d'utilité correspond à la satisfaction que procure la consommation d'une unité de bien pour un consommateur.

5.5.2.3 Evaluation des émissions de polluant liées à la livraison à domicile

Faute de pouvoir les mesurer sur le terrain et en temps réel, les émissions de polluant et la consommation de carburant d'un véhicule doivent être reconstituées en utilisant un modèle de simulation.

L'ADEME propose depuis 1998 le logiciel IMPACT .Ce logiciel en est actuellement à sa seconde génération et automatise les démarches de modélisation du programme COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) financé par l'Agence Européenne de l'Environnement. Cette méthode permet de calculer des émissions de polluants et des consommations en fonction d'une vitesse moyenne pour un segment de voirie d'une longueur donnée et selon le type de véhicule. Voila donc les trois paramètres nécessaires pour simuler l'impact environnemental d'un déplacement. La reconstitution des deux premiers (vitesse moyenne et distance parcourue) pour une tournée de livraison à domicile de produits alimentaires est quasiment terminée. Nous nous sommes basés pour cela sur les données d'exploitation d'une entreprise de transport qui réalise un suivi GPS de l'ensemble de ses véhicules. Parallèlement, le suivi pendant une semaine de tournées de livraison réalisé par cette même entreprise sur Lyon a permis de mesurer le poids moyen unitaire de chaque commande en fonction du nombre de bacs contenant les produits commandés. On dispose donc de données suffisantes pour réaliser un bilan environnemental précis et détaillé.

Cependant, la prise en compte de la charge du véhicule dans le calcul de ses émissions demeure problématique. Le logiciel Impact ADEME ne permet pas de la répercuter directement sur un trajet pour les véhicules utilitaire légers, inférieurs à 3,5 tonnes. Or, compte tenu de la charge utile de ces véhicules (entre 1t et 1t6), du poids de certaines commandes (plus de 200 kilos dans certains cas, les clients ne passant qu'une commande par mois et regroupant tout leurs achats alimentaires) et des caractéristiques des tournées (marche d'approche avant la première livraison souvent longue et à pleine charge, le poids en charge diminuant ensuite régulièrement), il serait particulièrement trivial de les considérer comme circulant à vide pour pouvoir calculer leurs émissions et leur consommation.

Les récentes publications de l'INRETS sur la méthode de modélisation des émissions MEET font état d'avancées dans ce domaine. Il existe désormais des données pour les véhicules inférieurs à 3,5 tonnes de PTAC en fonction du taux de charge. Cependant, ces données ne sont pas disponibles pour un même cycle de circulation : les taux de charges testés concernent de l'urbain dense et des voies rapides. L'effet de la charge sur la consommation n'est pas directement comparable dans la mesure ou les vitesses de circulation ne sont pas les mêmes. Il sera donc nécessaire de formuler de hypothèses afin de surmonter ce problème de non unicité des conditions d'observation. On considérera que les variations du taux de charge des véhicules ont le même effet quelque soit la vitesse de circulation afin de formaliser la relation entre taux de charge et consommation. On pourra alors appliquer les formules développées dans le cadre du programme MEET pour reconstituer dans un premier temps les émissions de polluant puis dans un second temps les consommations en faisant l'hypothèse que la consommation de carburant est directement indexée sur les émissions de CO^2 (colinéarité).

5.5.2.4 Evaluation des externalités liées à la livraison à domicile

Le rapport Boiteux constitue la référence bibliographique et méthodologique française pour l'évaluation monétaire des effets externes liés au transport. La valorisation des coûts effets externes liés à la pollution atmosphérique peut se faire de trois manières : en partant du **coût des dommages** (frais engagés à titre médical, pour rénover les façades des bâtiments), en utilisant des méthodes de **préférences révélées** (perte de valeurs des logements liés à leur exposition au bruit par exemple) ou en utilisant des méthodes de **préférences déclarés**.

Pour les effets globaux (participation à l'effet de serre) et les effets locaux (émissions de polluants) le rapport propose les modes de calcul suivants :

- Pollution globale

La méthode consiste à convertir les rejets de CO² obtenus par simulation à partir du modèle COPERT et exprimés en grammes, en tonnes de carbone, sachant que la tonne de carbone est évaluée à 100 €.

- Pollution locale

Pour l'évaluation de l'impact du mode routier les valeurs sont les suivantes, l'unité étant en Euro /100 véhicules.kilomètres :

Type de véhicule	Urbain dense	Urbain diffus	Rase Campagne	Moyenne
Véhicule Particulier	2,9	1,0	0,1	0,9
Poids Lourd	28,2	9,9	0,6	6,2

Tableau 14
Source : Rapport Boiteux 2 - Page 129

En additionnant les résultats obtenus en appliquant ces deux méthodes, il est donc possible de calculer le coût marginal externe d'une tournée de livraison à domicile. Dans un premier temps nous émettrons l'hypothèse, forcément contestable, que les véhicules utilisés dans cette activité sont plus proches des véhicules particuliers en terme de motorisation que des poids lourds.

L'ensemble des méthodes décrites précédemment va nous permettre de quantifier l'impact d'une livraison à domicile de produits alimentaires. On pourra ensuite, en se basant sur l'analyse en cours des déterminants d'achats en ligne des consommateurs, sur la description du système de la vente en ligne et sur les travaux existants, adopter une démarche plus prospective et formuler des hypothèses sur le développement de la livraison à domicile.

5.5.3 Suivi comportemental des « cyberconsommateurs »

Un contrat de recherche subventionné par l'Institut de Sciences de l'Homme nous a permis de coupler des approches économiques et psychologiques dans une enquête auprès d'internautes pour mieux observer les comportements d'achats des cyberconsommateurs. De notre coté nous nous sommes attachés à mieux comprendre les effets de l'utilisation du commerce électronique sur les déplacements pour achat des ménages.

Robert MARTIN, professeur et directeur du LEACM (Laboratoire d'Etude et d'Analyse de la Cognition et des Modèles), Patricia FAURE, Annick MAINCENT, Aurélie BANNET et Maud MOTTARD (étudiantes en maîtrise et DEA) ont axés leurs travaux sur les perceptions et les représentations que se font les internautes des produits au travers des sites marchands.

Cette enquête a été administrée en ligne auprès de 453 internautes de décembre 2004 à début février 2005 par le biais du site internet Logiskop conçu spécialement à cet effet. Cet outil de création et de diffusion de questionnaires en ligne est décrit plus en détail à la page 94.

5.5.3.1 L'internaute à l'aune de ses déplacements

Mesurer l'impact du commerce électronique B2C sur la mobilité du consommateur repose sur l'idée sous-jacente d'une substitution d'une livraison à un ou plusieurs déplacements et d'une réaffectation du temps et/ou du déplacement gagnés à d'autres activités. Il va de soi qu'envisager une substitution entre mode d'approvisionnement sans envisager une réaffectation des gains réalisés n'a pas grand sens. Le recours au commerce électronique ne supprime pas le déplacement. Il ne s'agit pas d'un gain net, mais plutôt d'un gain « brut» de temps qui est ventilé entres différentes activités qui peuvent à leur tour être à l'origine de nouveaux déplacements. Cette enquête va nous permettre de tester cette hypothèse.

La méthode d'enquête retenue est celle du dernier achat. Il est notamment demandé à l'internaute interrogé de décrire :

- sa pratique d'achat en ligne globale : quels produits sont achetés en ligne et à quelle fréquence ?
- le dernier achat réalisé sur Internet : modalité de commande et de paiement et surtout déplacements réalisé en lien avec cet achat (voir le produit dans un autre magasin, retirer sa commande)
- la manière dont il réalisait cet achat avant d'utiliser Internet
- l'activité à laquelle il a réaffecté le temps gagné lors de cet achat et les déplacements réalisés dans le cadre de cette activité si tel en a été le cas.

5.5.3.2 Etude psychologique du cyberconsommateur

Cette partie de l'enquête bénéficie d'un questionnaire spécifique placé à la suite de celui qui vient d'être décrit. L'attention a été plus spécifiquement portée sur la représentation que se construit l'internaute du produit à partir des données affichées en ligne sur le site, du ou des modes d'informations choisis par ce même internautes pour choisir le site sur lequel il va réaliser son choix.

Dans la mesure ou ce questionnaire a été réalisé par l'équipe du LEACM, et n'ayant pas encore reçu leur contribution, il nous est difficile de commenter plus en avant leur travail.

5.5.4 Le recueil des données

Deux outils ont été créés pour collecter et pour traiter les données nécessaires à l'analyse décrite précédemment. Le site Logiskop a été utilisé pour l'enquête sur l'impact de la vente en ligne sur les déplacements d'achat et est en cours d'utilisation pour

l'enquête DELPHI servant de socle à l'analyse structurelle. En ce qui concerne les tournées de livraison à domicile utilisées pour mesurer l'impact environnemental de la vente en ligne de produits alimentaires, il a été nécessaire pour calculer des paramètres de vitesse et de distance d'utiliser un SIG (Système d'Information Géographique) afin de reconstituer les itinéraires parcourus par les véhicules.

5.5.4.1 LOGISKOP, un outil de collecte d'information en ligne

Le site Logiskop est une application informatique adossée à une base de données MYSQL ou sont stockées les caractéristiques propres à chacune des enquêtes utilisant ce site, à partir de laquelle sont générés les questionnaires par des scripts PHP, et qui recueille les réponses des utilisateurs.

5.5.4.2 Utilisation d'un SIG pour reconstituer les itinéraires de tournées de livraison à domicile du e-commerce alimentaire.

Les fichiers contenant les données issues du *tracking* des véhicules de livraisons d'une entreprise de transport travaillant pour un site de vente en ligne de produits alimentaire de premier plan ont été dans un premier temps mis en forme et stockés dans une base de donnée Microsoft Access et exploités ensuite à l'aide du logiciel de génération d'itinéraire Microsoft MapPoint Europe 2004.

Le processus de reconstitution des tournées est particulièrement complexe en raison de la configuration du système d'information et donc des données. Il faut croiser trois types d'informations stockées chacunes dans des fichiers distincts :

- la composition des commandes
- l'adresse de livraison
- les relevés géocodés tout au long de l'itinéraire

La diversité des matériels utilisés (informatique embarquée dans les véhicules, serveurs de données), la présence de plusieurs acteurs (web-marchand, logisticien-transporteur, prestataire informatique de ce dernier) au sein du système d'information a rendu difficile cette opération de convergence des sources de données. Il a fallu créer un index basé sur le numéro de tournée, auquel correspondait chez le web-marchand le détail des commandes et l'adresse de livraison, et chez le logisticien-transporteur, le terminal informatique portable utilisé par les chauffeurs au cours de leurs tournées pour faire signer aux clients, qui permettait de savoir quel chauffeur conduisait quel véhicule et en utilisant le numéro d'immatriculation de ce véhicule, quel *tracking* correspondait à quelle tournée.

Les tournées ont été reconstituées en ajoutant les coordonnées latitude/longitude des véhicules aux adresses de livraisons indiquées par les clients lors de la prise de commande. Ces données ont ensuite été ordonnées en utilisant l'heure à laquelle a été effectué chaque relevé de position et les heures de passage du livreur chez les clients. Cette dernière information est connue car les livraisons sont suivies en temps réel. Ainsi lorsque le client accuse la réception de sa commande en signant sur le terminal portable du livreur, un sms est automatiquement envoyé sur le serveur du logisticien-transporteur et permet de dater avec précision le passage du livreur.

Reconstituer des itinéraires permet de calculer des distances. Pour calculer des vitesses, il faut prendre en compte les durées de chacun des arrêts et cette donnée est malheureusement absente du système d'information. Il faut donc la reconstituer. On dispose de plusieurs pistes.

D’une part en faisant coïncider l’heure de passage au domicile du client avec les relevés GPS, nous sommes en mesure de savoir si le véhicule est immobilisé sur une plage de temps importante. Il suffit d’observer les coordonnés latitudes longitudes. Les relevés étant fait toutes les 10 minutes, et toutes les minutes dans certains cas, on dispose d’informations assez fiables.

D’autre part, et sur la base du suivi « terrain » des tournées de livraisons à Lyon, on dispose d’observations exactes de la durée de la livraison. On peut donc calculer un intervalle de temps moyen dans lequel doit s’opérer la livraison. L’analyse statistique des relevés effectués durant ce suivi n’a pas permis d’établir un lien entre la durée de l’arrêt, les caractéristiques de la commande (nombres de bacs à livrer), les caractéristiques du lieu de livraison (nature du domicile du client, nombre d’étage, existence d’un ascenseur, existence d’une place de stationnement…).Nous retiendrons donc une valeur moyenne.

6 le rôle des entrepôts dans la formation des flux de transport en ville

6.1 Etat des lieux et premières hypothèses

Cette partie consistait initialement à utiliser les résultats de l'étude exploratoire intitulée "Analyse des entrepôts périphériques", volet 2 de la recherche "Transport de marchandises en ville : quelles spécificités, quelles méthodes". A cela s'ajoute la difficulté de recenser et de mesurer la taille des entrepôts réellement en activité. En effet, comme le rapport cité en référence le montre, les sources sont nombreuses et toutes partielles et parfois contradictoires. Cette étude montre aussi qu'il existe de nombreuses acceptions pour désigner la fonction d'entreposage, aussi, pour constituer une base de données actualisée des entrepôts, il faut confronter les différentes sources disponibles, sans qu'il soit possible d'atteindre l'exhaustivité. Tout au plus peut on redresser le nombre d'entrepôts identifiés à partir des bases de données existantes par le nombre de permis de construire avec un recul d'au moins 20 ans, ce qui donne une idée approximative de l'activité d'entreposage (en nombre d'établissements et en surface de stockage) dans une zone donnée.

Une enquête exploratoire effectuée auprès de 96 entrepôts de la région lyonnaise a permis de tracer quelques traits de la génération de leurs flux de transport. Il ressort que ce sont pour moitié des filiales d'entreprises qui, pour les trois quarts, possèdent plusieurs entrepôts. L'industrie reste concentrée dans la périphérie proche, alors que le négoce et la logistique sont plus excentrés. Les effectifs salariés dédiés à l'entreposage représentent en moyenne 30% de l'emploi total, avec une sur-représentation dans le négoce (50%) et la logistique (42%), contre 25% dans l'industrie et le transport. La superficie moyenne s'échelonne de 4700 m^2 dans le négoce à 12000 m2 dans la logistique. Les entrepôts de logistique présentent un ratio moyen de 400 m^2 par emploi, contre seulement 70 m^2 pour l'industrie et une moyenne de 120 pour les autres activités. L'activité et le statut juridique ont une relation forte avec la taille des entrepôts (en superficie comme en emplois). Les entrepôts ont généralement au moins deux activités logistiques (majoritairement gestion de stock et stockage longue durée. Cinq principales familles logistiques ont été identifiées : le stock déporté à usage interne d'une entreprise, le stock tampon à l'entrée ou la sortie d'une entreprise, la prestation logistique, le traitement des marchandises nécessaires à la production et enfin le stockage avant distribution sans transformation du fournisseur au client de l'entrepôt. Parmi les 64 entrepôts qui ont décrit leurs flux, cinq filières ont été distinguées : l'alimentaire, la chimie, l'automobile, l'industrie diverse et le transport et la logistique non spécialisés. Une description des provenances et destination des flux de ces cinq filières a été réalisée, permettant de construire des types d'entrepôts selon leur vocation : locale, régionale et nationale. Le nombre de véhicules et leur type sont déterminés par le type de filière et les aires de chalandise des entrepôts.

Dans un échantillon de 64 entrepôts le nombre moyen de mouvements journaliers de véhicules est d'environ 2 par emploi (3,6 par emploi dans le transport ou la logistique - TL). Ces ratios s'élèvent à 2,7 par emploi (de 4 à 5,3 par emploi TL) dans les filières alimentaire, automobile et dans le transport et la logistique. Avec une moyenne de 14 mouvements par jour et pour 1000 m² de stockage, c'est la chimie qui provoque le plus de flux avec 50 camions par 1000 m², le transport et la logistique sont à 7, l'alimentaire à 9, l'automobile à 22, les ratios pour 1000 m² des autres activités varient de 1,5 à 4.

Malheureusement, la petitesse de l'échantillon et le fort écart-type des moyennes obtenues nous interdisent d'en tirer des règles de comportement reproductibles des entrepôts.

Un autre aspect important est la répartition spatiale des flux. Selon la filière, nous avons relevé les indications suivantes:

Filière	Provenance Agglo	Destination Agglo
Alimentaire	7%	46%
Chimie	0%	40%
Automobile	10%	26%
Industrie diverse	27%	8%
Transport et logistique	18%	20%

Tableau 15 :Part des camions entrant et sortant des entrepôts selon la filière

Ce tableau montre que la part des échanges de transport des entrepôts avec l'agglomération sont non majoritaires et que ceux qui sont en provenance de l'agglomération sont généralement plus faibles que les flux à destination.

6.2 Les limites de l'exercice

Il n'est donc pour l'instant pas possible de mettre en évidence des déterminants statistiquement significatifs du nombre de camions générés par un entrepôt :

ni la taille ni la nature de l'activité, ni la filière ne sont significativement déterminants. Les conclusions de ce travail sont que, contrairement aux autres activités, les ratios de mouvements de véhicules par emplois ou par entrepôt ne sont pas calculables sur la base des caractéristiques très grossières que procurent les fichiers SIRENE de l'INSEE et les autres sources statistiques existantes. Une enquête portant sur un beaucoup plus grand nombre d'établissements permettrait probablement de pouvoir tenir compte simultanément de la typologie des produits traités, des acteurs concernés, des fonctions des entrepôts et des activités qui y sont développées. Malgré une telle enquête, il restera probablement difficile d'ériger des règles tangibles et reproductibles sur la formation et la spatialisation de ces flux de transports. En effet, lors du collecte de données d'enquête, ce travail a montré que les flux de transport sont mal connus des responsables logistiques eux-mêmes, car ils apparaissent comme très variables dans le temps et dans l'espace à l'instar des organisations logistiques auxquelles ils sont directement liés.

Dans ce contexte de pénurie de données stables et de ratios aisément calculables sur les données existantes, nous ne pouvons pas en l'état proposer une amélioration substantielle au logiciel FRETURB pour le calcul des flux de transport générés par les entrepôts périphériques.

7 Table des matières

8 Annexes

Annexe 1 : Fonctions de distance utilisées au module 3 pour chacun des 25 groupes :

Rappel de la typologie :

- **1** (TD3.5T) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **2** (TDCPORT) : Opérations réalisées en Trace Directe par des camions porteurs
- **3** (TDArtic) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules articulés
- **4** (PAppCPECA) : Principales de tournées réalisées pour des activités d'appoint en Compte Propre Expéditeur ou en Compte d'Autrui
- **5** (PAppCPD) : Principales de tournées réalisées pour des activités d'appoint en Compte Propre Destinataire
- **6** (PBasCPD) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte Propre Destinataire
- **7** (PBasCPE) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte Propre Expéditeur
- **8** (PBasCA) : Principales de tournées réalisées pour des activités de base en Compte d'Autrui
- **9** (LdArtic) :Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en véhicules articulés
- **10** (LdCPORTCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **11** (LdCPORTCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs
- **12** (LdCPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **13** (Ld3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **14** (Ld3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte d'Autrui par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **15** (LDArtic) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en véhicules articulés
- **16** (LDCPORTCPE) : : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **17** (LDCPORT3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **18** (LDCPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **19** (LD3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations comprise entre 1000 et 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **20** (LDArtic) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en véhicules articulés

- **21** (LDCPORTCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs
- **22** (LDCPORTCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs
- **23** (LDCPORT3.5TCPD) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Destinataire par des camions porteurs ou des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **24** (LD3.5TCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des véhicules de moins de 3.5 tonnes
- **25** (LD3.5TCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations supérieure ou égale à 5000, et réalisées en Compte d'Autrui par des véhicules de moins de 3.5 tonnes

Fonctions de distance utilisées :

- **1** (TD3.5T) :

  1.3533 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 241

- **2** (TDCPORT) :

  1.8184 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 1375

- **3** : (TDArtic) :

  2.8422 * Rayon de la ville pondéré par les TD

- **4** (PAppCPECA) :

  0.5433 * Distance de la zone au centre + 4282

- **5** (PAppCPD) :

  0.5397 * Distance de la zone au centre + 2146

- **6** (PBasCPD) :

  0.8058 * Distance de la zone au centre + 4493

- **7** (PBasCPE) :

  0.6437 * Distance de la zone au centre + 5751

- **8** (PBasCA) :

  0.8144 * Distance de la zone au centre + 4648

- **9** (LdArtic) :

  -2440.02* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 1.1717 * rayon de la ville[15] + 7415

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 20.

- **10** (LdCPORTCPE) :

  -3147.05* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.7941 * rayon de la ville + 9686

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 40.

- **11** (LdCPORTCA) :

  -2405.85 * ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.3772 * rayon de la ville + 9084

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 40.

- **12** (LdCPORT3.5TCPD) :

  -2383.82* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.3997 * rayon de la ville + 9248

---

[15] Il s'agit du rayon de la ville pondéré par les mouvements (à détailler).

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 55.

- **13** (Ld3.5TCPE) :

-1308.74 * ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.5627 * rayon de la ville + 4928

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 55.

- **14** (Ld3.5TCA) :

-1484.55 * ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.2432 * rayon de la ville + 7090

- **15** (LDArtic) :

-2261.99* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 1.6961 * rayon de la ville + 1821

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 20.

- **16** (LDCPORTCPE) :

-2336.33* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.2723 * rayon de la ville + 8912

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 40.

- **17** (LDCPORT3.5TCA) :

-1413.58* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.1384 * rayon de la ville + 6068

- **18** (LDCPORT3.5TCPD) :

-1545.02* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 1.4661 * rayon de la ville + 738

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 10 lorsque le rayon de la ville est inférieur à 2 kilomètres, quand le nombre d'arrêts >= 20 lorsque le rayon de la ville est compris entre 2 et 4 kilomètres. Pour des agglomérations d'un rayon supérieur, la fonction n'est pas bloquée.

- **19** (LD3.5TCPE) :

-794.44* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.1928 * rayon de la ville + 3860

- **20** (L**D**Artic) :

-14505* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 41632

La fonction est bloquée à 8233 mètres quand le nombre d'arrêts >= 10.

- **21** (L**D**CPORTCPE) :

-1036.32* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.2343 * rayon de la ville + 3690

La fonction est bloquée quand le nombre d'arrêts >= 10 lorsque le rayon de la ville est inférieur à 2 kilomètres, quand le nombre d'arrêts >= 20 lorsque le rayon de la ville est compris entre 2 et 4 kilomètres. Pour des agglomérations d'un rayon supérieur, la fonction n'est pas bloquée.

- **22** (L**D**CPORTCA) :

-429.39 * ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 2840

- **23** (L**D**CPORT3.5TCPD) :

On utilise une distance moyenne de 1957 mètres.

- **24** (L**D**3.5TCPE) :

-593.60* ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 0.1438 * rayon de la ville + 2538

- **25** (L**D**3.5TCA) :

-258.55 * ln (nombre d'arrêts de la tournée) + 1859

Annexe 2 : Fonctions de distance moyenne et de seuils inférieur et supérieur de distance utilisées au module de distribution pour chacun des 25 groupes

1 (TD3.5T)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.2748 * Rayon de la ville pondéré par les TD – 6845.8518 1.3533 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 241 2.4319 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 7328.0709
2 (TDCPORT)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.6607 * Rayon de la ville pondéré par les TD – 6231.9321 1.8184 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 1375 2.9761 * Rayon de la ville pondéré par les TD + 8982.4696
3 : (TDArtic)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	1.6513 * Rayon de la ville pondéré par les TD 2.8422 * Rayon de la ville pondéré par les TD 4.0332 * Rayon de la ville pondéré par les TD
4 (PAppCPECA)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.4296 * Distance de la zone au centre + 3363.8625 0.5433 * Distance de la zone au centre + 4282 0.6570 * Distance de la zone au centre + 5200.7055
5 (PAppCPD)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.4339 * Distance de la zone au centre + 997.6628 0.5397 * Distance de la zone au centre + 2146 0.6454 * Distance de la zone au centre + 3294.4948
6 (PBasCPD)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.5278 * Distance de la zone au centre + 1153.9027 0.8058 * Distance de la zone au centre + 4493 1.0838 * Distance de la zone au centre + 7832.5209
7 (PBasCPE)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.5232 * Distance de la zone au centre + 4573.8388 0.6437 * Distance de la zone au centre + 5751 0.7642 * Distance de la zone au centre + 6928.0099
8 (PBasCA)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0.6853 * Distance de la zone au centre + 3338.9562 0.8144 * Distance de la zone au centre + 4648 0.9435 * Distance de la zone au centre + 5956.2360
9 (LdArtic)	 Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	***Pour un nombre d'arrêts < 20 (classes <4)*** -4490.21 * ln (BorneSup[16]) + 0.5393 * rayonVille + 1198.03 -2440.02 * ln (CentreClasse) + 1.1717 * rayonVille + 7415 - 389.83 * ln (BorneInf) + 1.8041 * rayonVille + 13632.94 ***Pour un nombre d'arrêts >=20 (classes >=4)*** -4490.21 * ln (20) + 0.5393 * rayonVille + 1198.03 -2440.02 * ln (20) + 1.1717 * rayonVille + 7415 - 389.83 * ln (20) + 1.8041 * rayonVille + 13632.94

[16] La taille de la tournée est exprimée en classes selon le nombre d'arrêts effectués. Pour chacune de ces classes nous avons fixé une borne Supérieure, Inférieure et un centre afin de permettre les calculs. Ces valeurs sont les suivantes :

Classe de taille	Borne Inférieure	Centre de classe	Borne Supérieure
2	3	6	9
3	10	14.5	19
4	20	24.5	29
5	30	34.5	39
6	40	47	54
7	55	70	85

Le seuil inférieur de distance est calculé en utilisant la borne supérieure de la taille de tournée car la fonction de distance est construite de telle sorte que la distance est d'autant plus courte que le nombre d'arrêts est important. Ainsi en appliquant la borne inférieure de la classe de nombre d'arrêts on obtient une distance

		Pour un nombre d'arrêts < 40 (classes <6)
10 (LdCPORTCPE)	Seuil inférieur	-3671.29 * ln (BorneSup) + 0.6235 * rayonVille + 7871.62
	Valeur Moyenne	-3147.05* ln (CentreClasse) + 0.7941 * rayonVille + 9686
	Seuil supérieur	- 2622.81 * ln (BorneInf) + 0.9648 * rayonVille + 11499.75
		Pour un nombre d'arrêts >=40 (classes >=6)
	Seuil inférieur	-3671.29 * ln (40) + 0.6235 * rayonVille + 7871.62
	Valeur Moyenne	-3147.05* ln (40) + 0.7941 * rayonVille + 9686
	Seuil supérieur	- 2622.81 * ln (40) + 0.9648 * rayonVille + 11499.75
		Pour un nombre d'arrêts < 40 (classes <6)
11 (LdCPORTCA)	Seuil inférieur	-2743.26 * ln (BorneSup) + 0.2660 * rayonVille + 7743.63
	Valeur Moyenne	-2405.85 * ln (CentreClasse) + 0.3772 * rayonVille + 9084
	Seuil supérieur	- 2068.43 * ln (BorneInf) + 0.4883 * rayonVille + 10424.79
		Pour un nombre d'arrêts >=40 (classes >=6)
	Seuil inférieur	-2743.26 * ln (40) + 0.2660 * rayonVille + 7743.63
	Valeur Moyenne	-2405.85 * ln (40) + 0.3772 * rayonVille + 9084
	Seuil supérieur	- 2068.43 * ln (40) + 0.4883 * rayonVille + 10424.79
		Pour un nombre d'arrêts < 55 (classes <7)
12 (LdCPORT3.5TCPD)	Seuil inférieur	-3251.07 * ln (BorneSup) - 0.1506 * rayonVille + 5645.96
	Valeur Moyenne	-2383.82* ln (CentreClasse) + 0.3997 * rayonVille + 9248
	Seuil supérieur	- 1516.56 * ln (BorneInf) + 0.9501 * rayonVille + 12849.30
		Pour un nombre d'arrêts >=55 (classes >=7)
	Seuil inférieur	-3251.07 * ln (55) - 0.1506 * rayonVille + 5645.96
	Valeur Moyenne	-2383.82* ln (55) + 0.3997 * rayonVille + 9248
	Seuil supérieur	- 1516.56 * ln (55) + 0.9501 * rayonVille + 12849.30
		Pour un nombre d'arrêts < 55 (classes <7)
13 (Ld3.5TCPE)	Seuil inférieur	-1694.01 * ln (BorneSup) + 0.4292 * rayonVille + 3545.62
	Valeur Moyenne	-1308.74 * ln (CentreClasse) + 0.5627 * rayonVille + 4928
	Seuil supérieur	- 923.47 * ln (BorneInf) + 0.6963 * rayonVille + 6309.72
		Pour un nombre d'arrêts >=55 (classes >=7)
	Seuil inférieur	-1694.01 * ln (55) + 0.4292 * rayonVille + 3545.62
	Valeur Moyenne	-1308.74 * ln (55) + 0.5627 * rayonVille + 4928
	Seuil supérieur	- 923.47 * ln (55) + 0.6963 * rayonVille + 6309.72
	Seuil inférieur	-1920.38 * ln (BorneSup) + 0.0976 * rayonVille + 5378.70
14 (Ld3.5TCA)	Valeur Moyenne	-1484.55 * ln (CentreClasse) + 0.2432 * rayonVille + 7090
	Seuil supérieur	- 1048.72 * ln (BorneInf) + 0.3889 * rayonVille + 8802.16
		Pour un nombre d'arrêts < 20 (classes <4)
15 (LDArtic)	Seuil inférieur	-4090.44 * ln (BorneSup) + 1.1017 * rayonVille – 3618.92
	Valeur Moyenne	-2261.99* ln (CentreClasse) + 1.6961 * rayonVille + 1821
	Seuil supérieur	- 433.55 * ln (BorneInf) + 2.2905 * rayonVille + 7261.33
		Pour un nombre d'arrêts >=20 (classes >=4)
	Seuil inférieur	-4090.44 * ln (20) + 1.1017 * rayonVille – 3618.92
	Valeur Moyenne	-2261.99* ln (20) + 1.6961 * rayonVille + 1821
	Seuil supérieur	- 433.55 * ln (20) + 2.2905 * rayonVille + 7261.33
		Pour un nombre d'arrêts < 40 (classes <6)
16 (LDCPORTCPE)	Seuil inférieur	-3066.09 * ln (BorneSup) – 0.0500 * rayonVille + 6339.82
	Valeur Moyenne	-2336.33* ln (CentreClasse) + 0.2723 * rayonVille + 8912
	Seuil supérieur	- 1606.56 * ln (BorneInf) + 0.4946 * rayonVille + 11484.12
		Pour un nombre d'arrêts >=40 (classes >=6)
	Seuil inférieur	-3066.09 * ln (40) – 0.0500 * rayonVille + 6339.82
	Valeur Moyenne	-2336.33* ln (40) + 0.2723 * rayonVille + 8912
	Seuil supérieur	- 1606.56 * ln (40) + 0.4946 * rayonVille + 11484.12
	Seuil inférieur	-1632.71 * ln (BorneSup) – 0.0665* rayonVille + 5281.62

---

supérieure à celle obtenue en utilisant la borne supérieure, ce qui explique que dans les fonctions la borne supérieure serve à calculer le seuil inférieur de distance et vice-versa.

17 (LDCPORT3.5TCA)	Valeur Moyenne Seuil supérieur	-1413.58* ln (CentreClasse) + 0.1384 * rayonVille + 6068 - 1194.44 * ln (BorneInf) + 0.2104 * rayonVille + 6854.03
18 (LDCPORT3.5TCPD)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	***Pour un rayon de ville inférieur à 2000 m et un nombre d'arrêts < 10 (classes <3)*** -2614.51 * ln (BorneSup) + 0.9506 * rayonVille – 2791.47 -1545.02* ln (CentreClasse) + 1.4661 * rayonVille + 738 - 475.53 * ln (BorneInf) + 1.9816 * rayonVille + 4267.66 ***Pour un rayon de ville inférieur à 2000 m et un nombre d'arrêts >= 10 (classes >=3)*** -2614.51 * ln (10) + 0.9506 * rayonVille – 2791.47 -1545.02* ln (10) + 1.4661 * rayonVille + 738 475.53 * ln (10) + 1.9816 * rayonVille + 4267.66 ***Pour un rayon de ville compris entre 2000 et 3999 m et un nombre d'arrêts < 20 (classes <4)*** -2614.51 * ln (BorneSup) + 0.9506 * rayonVille – 2791.47 -1545.02* ln (CentreClasse) + 1.4661 * rayonVille + 738 - 475.53 * ln (BorneInf) + 1.9816 * rayonVille + 4267.66 ***Pour un rayon de ville compris entre 2000 et 3999 m et un nombre d'arrêts >= 20 (classes >=4)*** -2614.51 * ln (20) + 0.9506 * rayonVille – 2791.47 -1545.02* ln (20) + 1.4661 * rayonVille + 738 - 475.53 * ln (20) + 1.9816 * rayonVille + 4267.66 **8.1.1.1.1 Pour un rayon de ville >= 4000 m** -2614.51 * ln (BorneSup) + 0.9506 * rayonVille – 2791.47 -1545.02* ln (CentreClasse) + 1.4661 * rayonVille + 738 - 475.53 * ln (BorneInf) + 1.9816 * rayonVille + 4267.66
19 (LD3.5TCPE)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	-1219.06 * ln (BorneSup) + 0.0543* rayonVille + 2423.71 -794.44* ln (CentreClasse) + 0.1928 * rayonVille + 3860 - 369.82 * ln (BorneInf) + 0.3313 * rayonVille + 5297.28
20 (LDArtic)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	***Pour un nombre d'arrêts < 10 (classes <3)*** -20841.08 * ln (BorneSup) + 26180.31 -14505* ln (CentreClasse) + 41632 - 8169.14 * ln (BorneInf) + 57084.28 ***Pour un nombre d'arrêts >=10 (classes >=3)*** 0 mètres 8233 mètres 38274 mètres
21 (LDCPORTCPE)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	***Pour un rayon de ville inférieur à 2000 m et un nombre d'arrêts < 10 (classes <3)*** -1541.69 * ln (BorneSup) - 0.1145 * rayonVille + 2138.73 -1036.32* ln (CentreClasse) + 0.2343 * rayonVille + 3690 - 530.94 * ln (BorneInf) + 0.3542 * rayonVille + 5241.44 ***Pour un rayon de ville inférieur à 2000 m et un nombre d'arrêts >= 10 (classes >=3)*** -1541.69 * ln (10) - 0.1145 * rayonVille + 2138.73 -1036.32* ln (10) + 0.2343 * rayonVille + 3690 - 530.94 * ln (10) + 0.3542 * rayonVille + 5241.44 ***Pour un rayon de ville compris entre 2000 et 3999 m et un nombre d'arrêts < 20 (classes <4)*** -1541.69 * ln (BorneSup) - 0.1145 * rayonVille + 2138.73 -1036.32* ln (CentreClasse) + 0.2343 * rayonVille + 3690 - 530.94 * ln (BorneInf) + 0.3542 * rayonVille + 5241.44 ***Pour un rayon de ville compris entre 2000 et 3999 m et un nombre d'arrêts >= 20 (classes >=4)*** -1541.69 * ln (20) - 0.1145 * rayonVille + 2138.73

	Seuil inférieur	-1036.32* ln (20) + 0.2343 * rayonVille + 3690
	Valeur Moyenne	- 530.94 * ln (20) + 0.3542 * rayonVille + 5241.44
	Seuil supérieur	***Pour un rayon de ville >= 4000 m***
		-1541.69 * ln (BorneSup) - 0.1145 * rayonVille + 2138.73
	Seuil inférieur	-1036.32* ln (CentreClasse) + 0.2343 * rayonVille + 3690
	Valeur Moyenne	- 530.94 * ln (BorneInf) + 0.3542 * rayonVille + 5241.44
	Seuil supérieur	
22 (**LD**CPORTCA)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	-656.89 * ln (BorneSup) + 2137.90 **-**429.39 * ln (CentreClasse) + 2840 - 201.89 * ln (BorneInf) + 3541.56
23 (**LD**CPORT3.5TCPD)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	0 mètres 1957 mètres 5267 mètres
24 (**LD**3.5TCPE)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	-841.18 * ln (BorneSup) - 0.0590* rayonVille + 1732.35 -593.60* ln (CentreClasse) + 0.1438 * rayonVille + 2538 - 346.02 * ln (BorneInf) + 0.2287 * rayonVille + 3343.17
25 (**LD**3.5TCA)	Seuil inférieur Valeur Moyenne Seuil supérieur	-414.20 * ln (BorneSup) + 1356.15 -258.55 * ln (CentreClasse) + 1859 - 102.89 * ln (BorneInf) + 2361.33

Annexe 3 : Les échanges avec les utilisateurs du logiciel

Bien que l'utilisation du logiciel FRETURB soit assez simple, le travail préparatoire à réaliser sur les fichiers de données qui alimentent le modèle est lourd. Des contrôles de cohérence doivent être opérés sur les fichiers SIRENE, qui doivent en outre être enrichis d'informations relatives au zonage retenu pour faire fonctionner le logiciel. En conséquence, presque tous les usagers de FRETURB ont eu besoin, à un moment ou a un autre, que nous intervenions pour régler des erreurs éventuelles. Ces échanges ont été l'occasion d'améliorer le logiciel, en proposant notamment des graphiques supplémentaires, et de préciser le mode d'emploi distribué avec le logiciel.

Voici le courrier que nous avons envoyé aux utilisateurs de FRETURB pour les aider dans l'usage du logiciel :

« Madame, Monsieur,

Vous venez de recevoir le CD-Rom de la version 1.3 du modèle FRETURB.
L'usage de ce logiciel nécessite au préalable de prendre connaissance d'un certain nombre d'informations d'ordre méthodologique et technique. Ces dernières sont contenues pour l'essentiel dans les deux ouvrages :
Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération (première version LOGISTMV)
Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville – le modèle FRETURB (version 1)
Une copie de ces ouvrages est fournie sur le CD-Rom (voir ci-dessous).
Le premier document présente la méthode de génération des livraisons et enlèvements et les résultats d'enquêtes sur lesquels celle-ci est fondée. Le second décrit dans le détail la méthode et les modes de calcul mis en œuvre dans le modèle FRETURB (occupation de la voirie par les véhicules de livraison, génération des déplacements d'achats, occupation instantanée de la voirie).

Installation

Avant de procéder à l'installation, nous vous recommandons de lire attentivement la présentation **freturb.htm** situé sur la racine du CD-Rom. Ce fichier propose une présentation, une procédure d'installation et un mode d'emploi du logiciel. Nous résumons ci-dessous les principales règles de fonctionnement à appliquer.

Le CD-Rom contient les répertoires suivants :
Installation\réseau : ce répertoire contient l'ensemble des fichiers nécessaires à l'installation du logiciel sur un ordinateur de type PC. Il supporte les versions Windows 95, Windows 98 et Windows 2000. Les tests de l'installation sur windows XP n'ont pas encore été effectués. Merci de nous contacter en cas de problème d'installation sur ce dernier système. L'installation de FRETURB s'obtient par le lancement du programme ***installation\reseau\install.exe.***
Ce logiciel nécessite la présence d'EXCEL (Microsoft) sur votre ordinateur, pour permettre le lancement du module « déplacements d'achats ».
Lors de l'installation, certains ordinateurs affichent des messages. Ces derniers doivent être ignorés. Les fichiers .dll déjà existants sur votre machine doivent être conservés (répondre « non » à remplacer). Vous devez aussi ignorer certains messages du type « impossible d'écrire sur…wininet.dll ou urlmon.dll » (voir jaquette du CD-Rom).

Exemples : fichier de démonstration du logiciel sous différents formats de lecture (access, dbase, excel). Ces fichiers doivent être copiés sur votre ordinateur puis rendus accessibles en écriture (décocher la case « lecture seule » de : menu – fichier – propriétés).
Lors de l'exécution de FRETURB, vous pouvez créer plusieurs applications. Le nom des applications ne doivent pas contenir de blanc ni de caractères non alphanumériques. Lorsqu'une application est chargée, il faut refermer le logiciel pour accéder à une autre. D'une manière générale, il n'est encore pas possible de revenir sur une application lorsqu'on a quitté le menu général de résultats des 4 modules.
Rapports : contient deux ouvrages méthodologiques publiés dans le cadre du programme :
plaquette1.pdf : Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération (première version LOGISTMV)
plaquette2.pdf : Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville – le modèle FRETURB (version 1)

notice : contient les fichiers .html de présentation du logiciel appelés par freturb.htm.
N.B. Il n'est pas recommandé de lancer l'installation à partir de cette application car elle ne fonctionne pas sur tous les ordinateurs.

Le fichier **regression.xls** est un fichier de travail nécessaire à la mise en œuvre du module « déplacements d'achats ». Celui-ci doit être copié sur votre ordinateur et rendu accessible en lecture-écriture (cocher dans le menu – *fichier – propriétés*).

Réinstallation
Si vous réinstallez ce logiciel ou bien en installez les prochaines versions, vous devez désinstaller les versions antérieures du logiciel avant l'installation de celle-ci (Menu *: démarrer – paramètres – panneau de configuration – ajouts suppression de programmes – supprimer tout*). Après chaque réinstallation, vous perdrez les applications déjà chargées dans l'application précédente, mais celles-ci peuvent être assez rapidement reconstruites (environ 10 mn par application).

Compression des fichiers
L'application Access de base occupe un peu plus de 13 Mo sur votre disque dur. Comme indiqué dans la notice d'utilisation, l'application augmente de volume au fur et à mesure du lancement des applications successives. Afin d'éviter de saturer votre disque dur, il est recommandé d'effectuer si nécessaire les deux opérations suivantes :
1/ Après avoir chargé les deux tables ou fichiers « notices SIRENE » et « Zones », un menu vous propose de choisir votre application. Vous pouvez à ce niveau supprimer les applications qui ne vous servent plus. Cela signifie que les fichiers de travail issus de l'importation des fichiers « notices » et « zones » seront détruits et que vous devrez effectuer une nouvelle importation si vous voulez retravailler dessus.
2/ si vous disposez du logiciel Access (Microsoft), vous pouvez lancer la procédure :
Menu : *outils – utilitaires – compacter une base de donnée* en indiquant le nom de la base de donnée située sur votre disque dur : FRETURB 1.3.mdb en entrée et en sortie.

Précautions d'utilisation. Interprétation

N.B. Nous vous recommandons de lire attentivement les pages 74 à 97 du fascicule bleu « mesurer l'impact du TMV – le modèle FRETURB », ou bien les pages 66 à 81 du

fichier plaquette2.pdf) qui décrivent dans le détail la mise en œuvre du logiciel et les équations du modèle (chapitre V-6 : mise en œuvre).

Les modules 1,2,3,4 « livraisons et enlèvements » nécessitent l'utilisation de fichiers d'établissements (de type SIRENE) localisés sur un zonage préalablement défini. Cela suppose que vous devez informer chaque enregistrement d'établissement du code « zone » auquel il appartient. Cela peut se faire par géocodage (si vous disposez d'un système d'information géographique, soit de manière semi-automatique (à partir d'un répertoire de noms de rues) soit à la main.
NB : l'un des « défauts » du fichier SIRENE est une retranscription parfois incomplète des effectifs salariés de chaque établissement (variable généralement dénommée EFFETCENT). Seules les bornes inférieurs de classes d'effectif sont indiquées par cette variable. Il est impératif que seuls les codes suivants soient utilisés dans cette variable :
0 : sans salarié ; **1** : 1 à 2 salariés, **3** : 3 à 5 salariés ; **6** : 6 à 9 salariés ; **10** : 10 à 19 salariés ; **20** : 20 à 49 salariés ; **50** : 50 à 99 salariés, **100** : 100 à 199 salariés ; **200** : 200 à 299 salariés ; etc… de 100 en 100 et enfin le code NN pour effectif inconnu. Le logiciel propose un effectif moyen d'emplois pour chaque type d'activité sur la base des enquêtes réalisées par ailleurs. Il calcule également un effectif moyen sur chaque type d'activité (en 45 strates) sur la partie du fichier qui est informée. C'est cet effectif moyen qui est affecté aux établissements (NN) non informés. Cette procédure est détaillée sur le premier fascicule bleu (diagnostic du TMV, ch. IV : «comment calculer la génération des mouvements ?, pages 37 à 60).
Par ailleurs, les effectifs salariés des établissements publics sont parfois faux (services communaux, EDF, écoles…), dans la mesure où ces sources ne sont que rarement transmises par les administrations à l'INSEE. Aussi, il convient de contrôler ces effectifs. Par exemple, il n'est pas rare de voir l'effectif total des personnels communaux centralisé sur un seul établissement (la mairie ou l'hôtel de ville), alors que ceux-ci sont répartis sur le territoire communal.

Le module 1bis « déplacements d'achats » nécessite des résultats d'enquêtes « ménage-déplacements » sur l'agglomération étudiée. Il permet d'obtenir une génération des déplacements d'achat réalisés au lieu d'achat sur votre agglomération. Il est nécessaire pour cela de connaître sur chaque zone, le taux de motorisation, la part de la VP (à la zone du lieu d'achat), le nombre de déplacements d'achat tous modes au lieu d'achat.

La zone d'étude doit être proche de l'agglomération au sens de l'INSEE, car plusieurs variables caractéristiques du modèle sont fonction de la centralité et de la taille de la zone agglomérée.

Les résultats produits n'indiquent pas de marges d'erreur, du fait de la construction de type analogique du modèle sur la base d'enquêtes réalisées dans diverses villes. Aussi nous insistons sur le fait que **les quantités produites sont des ordres de grandeur des principaux volumes de déplacement et de trafic mis en jeu par le transport de marchandises en ville.** Leur précision est d'autant plus faible que les zones concernées sont de petite taille et que les caractéristiques des flux sont fines. Par exemple, le nombre de livraisons effectuées par des camions porteurs en période de pointe auprès de quelques dizaines d'établissements n'aura pas de validité statistique. Néanmoins, les résultats agrégés tels que ceux produits dans les nombreux graphiques produits par le logiciel sont utilisables à des fins de comparaison (entre zones, entre communes, entre types de véhicules ou types d'opérateurs, par exemple).

D'autre part, les profils horaires (module 4) sont produits à titre indicatif et ne sont fonction que des horaires d'ouverture moyens des établissements enquêtés dans les villes pilote, sans tenir compte des caractéristiques de la ville d'étude.

D'une manière générale, les résultats produits ne tiennent pas compte de toutes les spécificités des agglomérations traitées, notamment des rythmes saisonniers (dans les villes touristiques par exemple, la population estivale peut changer fortement et entraîner des changements de comportements importants des flux de transport et des déplacements d'achat qui ne sont pas pris en compte dans le modèle).

Le modèle rend compte des transports de marchandises internes à l'agglomération, c'est à dire ayant pour la plupart leur origine et leur destination à l'intérieur de celle-ci. Les flux d'échange d'une agglomération avec l'extérieur correspondent pour une grande part à des flux de trafic interurbains de marchandises qui peuvent être estimés à l'aide d'autres enquêtes (SITRAM – SES par exemple) ou modélisés par d'autres outils.

Le module « simulation » ne peut pas encore être utilisé. Il n'est que partiellement sensible aux modifications de localisations d'établissements. Ses résultats sont donc sujets à caution. Il vous sera fourni dès que possible une prochaine version corrigée qui permettra d'effectuer quelques scénarios type.

Maintenance, club d'utilisateurs

En cas de difficultés d'installation, de mise en œuvre ou d'interprétation des résultats, merci d'envoyer vos requêtes et remarques à : freturb@let.ish-lyon.cnrs.fr

Vous avez accepté de participer à la liste de diffusion des utilisateurs. N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques et suggestions à cette adresse pour faire évoluer ce logiciel. Nous les transmettrons aux autres utilisateurs.

Nous vous remercions de bien vouloir citer la source des *résultats obtenus à l'aide du modèle FRETURB – Programme National Marchandises en Ville (Ministère des Transports) – Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon* dans tout document publié par vos soins.
Merci également de bien vouloir nous indiquer à l'adresse ci-dessus les différents sites sur lesquels vous aurez réalisé l'application de ce logiciel et de nous transmettre les références des documents produits à l'aide des résultats du modèle FRETURB.

Restant à votre disposition pour vous fournir les explications qui vous paraîtront nécessaire, veuillez accepter, Madame, Monsieur, mes très cordiales salutations »

Annexe 4 : mode d'emploi du CD-ROM FRETURB V2

1. Insérez le CD-ROM dans le lecteur de votre ordinateur.
2. Exécutez le fichier install.exe situé sous Installation / Réseau /
3. Lorsque l'ordinateur vous demande l'emplacement où vous désirez installer les fichiers, veillez à bien indiquer : **D**:\FRETURBV2

   Si vous ne placez pas le logiciel sur D:\ les fichiers de l'application ne seront pas retrouvés par le logiciel, qui ne pourra donc pas fonctionner.
4. L'installation s'exécute. En cas de messages d'erreur ignorez-les.
5. L'ordinateur vous propose de redémarrer, suivez cette recommandation.
6. Après avoir redémarré l'ordinateur, utilisez l'explorateur pour visualiser le contenu du répertoire : D:\FRETURBV2.
7. Contrôlez que les fichiers exemple.mdb et regression.xls ne sont pas des archives ni en lecture seule. Pour cela pointez-les avec la souris et d'un clic droit consultez leurs Propriétés. Si les cases Archive et / ou Lecture seule sont cochées, décochez-les.
8. Dans le répertoire D:\FRETURBV2, créez un sous répertoire D:\FRETURBV2**resultats**

   Ce répertoire est INDISPENSABLE pour pouvoir visualiser les résultats produits par FRETURB.
9. Quand vous lancez l'exécution de FRETURB (sur le fichier exemple ou bien sur votre fichier de données), lors du déroulement du module Achats, veillez à bien installer dans Excel les utilitaires d'analyse demandés (un message s'affichera pour vous alerter à ce sujet, suivez ses recommandations).